

ÉCONOMIE RURALE

CONSIDÉRÉE DANS SES RAPPORTS

AVEC LA CHIMIE, LA PHYSIQUE

ET LA MÉTÉOROLOGIE,

PAR

J. B. BOUSSINGAULT,

Conseiller d'État; Membre de l'Académie des Sciences, de l'Institut national, du Conseil général de l'Agriculture, des Manufactures et du Commerce; Officier de la Légion d'honneur; Membre de l'Académie royale des Sciences de Stockholm; de la Société impériale d'Économie rurale de Moscou; de la Société chimique de Londres; des Académies et Sociétés d'Agriculture de Suède, de Turin, d'Utrecht, de New-York, du département de l'Allier; de la Société nationale et centrale d'Agriculture; de la Société Philomathique, etc.

Deuxième Édition

REVUE, CORRIGÉE ET AUGMENTÉE.

TOME PREMIER.



PARIS,

BÉCHET JEUNE, LIBRAIRE-ÉDITEUR,

20, RUE MONSIEUR-LE-PRINCE,

ci-devant place de l'École de Médecine.

1851







A

M. F. ARAGO,

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

Hommage de respect, de reconnaissance

& d'affection.

PRÉFACE.

J'ai réuni, dans cet ouvrage, les résultats des recherches auxquelles je me suis livré dans l'espoir de jeter quelque lumière sur divers points de l'agriculture. D'abord, j'ai eu l'intention de me borner à la réimpression de plusieurs mémoires insérés dans différents recueils ; mais, en y réfléchissant davantage, j'ai cru utile de combler, autant que possible, les lacunes qu'eussent laissées nécessairement des écrits publiés isolément, à des intervalles assez éloignés et sur des sujets très-variés. J'ai été amené ainsi à présenter une analyse succincte des travaux entrepris dans ces derniers temps sur l'ensemble de la science agricole. Je me suis surtout astreint à rapporter exactement, bien que d'une manière concise, les faits les mieux avérés de la pratique ; en définitive, ce sont ces faits qui intéressent le plus directement l'économie rurale dans ce qu'elle a d'applicable à l'économie publique.

Le cadre que j'ai essayé de remplir, je l'ai adopté dans un enseignement où m'avaient appelé les suffrages de l'Aca-

démie des sciences et ceux des professeurs du Conservatoire des arts et métiers. Toutefois, ce ne sont pas des leçons que je publie, mais les documents qui en formaient en quelque sorte la base.

Je traite des phénomènes chimiques et physiques de la végétation; de la constitution des végétaux et de la composition des principes immédiats les plus répandus dans les plantes; de l'origine et de la nature du sol; des assolements; de l'alimentation et de l'économie du bétail; enfin je développe quelques considérations sur la climatologie. Ces matières, quand leur exposition s'appuie sur des principes généraux empruntés aux sciences, constituent la philosophie de l'économie rurale; enseignement utile sans doute, mais qui ne donne pas, cependant, l'instruction pratique qu'on ne saurait puiser ailleurs que dans les champs, en faisant un long apprentissage dans une exploitation rurale. L'enseignement scientifique tel qu'il est possible de l'établir au Conservatoire des arts et métiers, au Muséum d'histoire naturelle, dans les facultés des sciences, doit s'adresser surtout à ceux qui possèdent déjà, ou qui posséderont un jour ce genre d'instruction. Peu importe l'ordre suivant lequel on acquiert la théorie et la pratique; mais il me semble bien difficile de les acquérir simultanément en deux ou trois ans, sans sacrifier l'une ou l'autre, particulièrement lorsqu'il s'agit de former des agriculteurs *responsables*, c'est-à-dire des cultivateurs destinés à exploiter la terre à leurs risques et périls.

On trouvera dans cette nouvelle édition des données expérimentales plus nombreuses, plus détaillées que ne le comportait le plan de l'ouvrage. La raison en est, qu'éloigné de l'enseignement par suite de la position que m'ont faite les événements politiques, je n'aurai peut-être plus l'occasion de les présenter dans un cours.

Je dis quelque part que la science agricole est encore à créer ; les discussions dans lesquelles je suis entré montreront combien il reste encore à faire. Cependant, en considérant l'ardeur avec laquelle les esprits les plus éclairés se livrent à l'agriculture, on doit espérer le progrès et s'attendre à des résultats importants pour la science, profitables à la pratique, utiles à l'humanité.

SCIENCE AGRICOLE.

La science agricole repose sur l'observation des faits recueillis dans la pratique; elle les enregistre, les discute ; cherche à les expliquer, à les prévoir, en s'aidant des diverses branches des connaissances humaines. Considérée de ce point de vue élevé, cette science fait partie de la physique du globe.

Les procédés manuels de l'agriculture ne se décrivent pas; on les apprend en s'exerçant dans un domaine bien dirigé. La science que nous allons exposer s'acquiert par l'étude de la philosophie naturelle et de la pratique agricole; son but est d'améliorer, de perfectionner l'ensemble de l'économie rurale.

CHAPITRE PREMIER.

PHÉNOMÈNES PHYSIQUES DE LA VÉGÉTATION.

Les plantes fixées dans le sol par leurs racines, vivent dans l'atmosphère par le concours de leurs parties vertes, sous les actions réunies de la chaleur, de la lumière et de l'humidité. Nous examinerons bientôt aux dépens de quels éléments, et sous quelles conditions se réalisent leur croissance et leur complet développement.

La semence, qui est le résultat final de la vie végétale, dont le but est la reproduction et la multiplication de l'espèce, doit d'abord fixer notre attention.

La nature semble mettre tous ses soins à en assurer la conservation. Souvent la semence est placée au milieu d'une pulpe abondante et charnue, qui lui assure une nourriture, un engrais, lors de son prochain développement. Tantôt, comme dans les légumineuses, elle est logée entre des membranes épaisses et coriaces, ou revêtues d'écailles dures et flexibles, comme dans les graminées; ou bien encore enveloppée d'une substance ligneuse d'une grande dureté, comme dans les fruits à noyau.

La nature ne se montre pas moins prévoyante pour répandre au loin les graines, et propager les espèces végétales à de grandes distances. Il est, en effet, des semences qui, munies d'aigrettes légères et soyeuses, voltigent dans l'atmosphère, et sont transportées par les vents. D'autres, à la faveur d'une enveloppe tenace, dure, imperméable, flottent sur les fleuves, et en descendent le cours sans subir la moindre altération, sans perdre leur faculté germinative. Enfin, il en est d'un tissu assez cohérent pour résister à l'action digestive des animaux qui se nourrissent des fruits qui les contiennent, et qui se trouvent ensuite déposées à une distance considérable de la plante qui les a produites ; quelquefois elles vont germer et vivre au sommet des rochers les plus inaccessibles. Ainsi, par l'effet d'admirables dispositions, l'air, l'eau, les animaux eux-mêmes, deviennent les véhicules qui favorisent la migration des espèces à la surface du globe, et suppléent à la faculté locomotive dont sont privés les végétaux.

On distingue dans la graine : l'amande et le tégument qui l'enveloppe. Dans l'amande, réside l'embryon qui, comme son nom l'indique, est destiné à reproduire la plante dont la graine est issue. L'embryon est formé de plusieurs parties essentielles : 1° du corps radiculaire ou radicule ; 2° de la gemmule ou rudiment de la tige, qui engendrera par son extension, les organes qui doivent végéter hors de la terre ; 3° de cotylédons, qui forment la plus grande partie de l'amande et qui sont destinés à entretenir

la plante pendant les premières périodes de son existence.

Dans le cas le plus général, les cotylédons sont formés de deux lobes qui se séparent pendant l'acte de la germination. La gemmule se présente sous l'apparence d'un petit point blanc qui pénètre dans l'intérieur de l'un et de l'autre cotylédons. La radicule a une forme légèrement conique et se reconnaît à l'extérieur de la graine.

L'amande des graminées ne se divise pas en deux parties, au principe de la vie végétale. Il est, en effet, des semences qui n'offrent qu'un seul cotylédon. Comme les végétaux qui naissent des graines à un ou plusieurs cotylédons, présentent, dans l'ensemble de leur organisation et dans leur développement, des différences capitales, les botanistes ont établi deux grandes divisions entre les plantes : les végétaux monocotylédones, et les végétaux dicotylédones ou polycotylédones.

Dans l'état où on la récolte après sa maturité parfaite, la graine est inerte, ses fonctions vitales sont entièrement suspendues, et l'on peut la conserver souvent pendant un temps très-long avant de la faire germer. Cette longévité de la semence est d'ailleurs extrêmement variable, selon les espèces. Il est des plantes dont les graines gardent, pour ainsi dire, indéfiniment leur vertu germinative ; il en est d'autres, au contraire, qui la perdent très-promptement.

D'après des observations qui paraissent devoir inspirer toute confiance, des graines :

De tabac ont pu germer après		10 ans de conservation.
De stramoine,	—	25, selon Duhamel.
De sensitive,	—	60.
De froment,	—	100, selon Pline.
Id.	—	10, selon Duhamel.
De melons,	—	41, selon Friewald.
De concombres,	—	17, selon Roger Galen.
De haricots,	—	33.
Id.	—	100, selon Gerardin.
De raves,	—	17, selon Lefébure.
De seigle,	—	140, selon Home.

Les graines de café sont peut-être celles qui perdent le plus rapidement la propriété de germer, et les planteurs savent très-bien qu'il faut les semer presque immédiatement après qu'elles ont été enlevées de l'arbuste. Les graines oléagineuses ne se conservent aussi que très-difficilement. Il en est de même des semences des rubiacées, de la fraxinelle, des lauriers, des myrtées.

Dans la pratique, il y a toujours avantage et beaucoup plus de sécurité à semer les graines les plus récentes, même parmi celles qui présentent le plus de longévité. Ainsi, ce n'est que dans des circonstances forcées, que le cultivateur confie à la terre le froment récolté dans les années antérieures; et l'expérience prouve que dans une semblable occurrence, il convient d'augmenter très-sensiblement la quantité de semailles.

La graine germe quand elle est en présence de l'eau et de l'air, sous l'influence d'une température suffisamment élevée. Placée dans la terre humide, elle absorbe de l'eau, et se gonfle; la pellicule qui la recouvre se distend et finit par se rompre; la radicule

et la gemmule deviennent de plus en plus distinctes; les racines pénètrent dans le sol, tandis que la gemmule présente bientôt une tige qui verdit de plus en plus, croît rapidement en augmentant le nombre de ses feuilles; la végétation marche à grands pas, et la plante acquiert de jour en jour une nouvelle vigueur. A une certaine époque, les fleurs apparaissent; elles sont remplacées par les fruits dont le dernier terme est la maturité de la semence. Alors les phénomènes de la végétation cessent. Les organes des plantes annuelles se flétrissent et meurent; l'œuvre de la reproduction et de la multiplication de l'espèce est accomplie. Ainsi commence et finit l'existence des plantes qui entrent le plus communément dans nos cultures.

Pour les végétaux bisannuels, pour les arbres qui n'ont plus cette durée éphémère, les choses se passent différemment. La plante végète tant que la température de l'atmosphère et l'humidité du sol le permettent; la végétation, qui est seulement interrompue pendant la saison froide ou par une extrême sécheresse, se ranime de nouveau, au retour des circonstances qui la favorisent. Ces végétaux, dont la tige est généralement ligneuse, dont les racines pénètrent profondément dans la terre, présentent plus de résistance aux intempéries et bravent les rigueurs de l'hiver. Dans nos climats, au printemps, le commencement de la végétation des arbres offre une certaine analogie avec la germination; le développement des bourgeons la représente en quelque sorte, et les phé-

nomènes que nous observons sur les plantes annuelles se reproduisent en grande partie : augmentation du volume de la tige et de la racine, apparition des feuilles, floraison, maturité des fruits et production des semences.

Sous les tropiques, où la température est à peu près stationnaire pendant toute l'année, la végétation continue sans interruption ; elle ne varie que dans son intensité, selon l'abondance ou la rareté des pluies ou de la rosée. Les feuilles, qui ont concouru à la production des fruits, à la perfection des semences, tombent comme épuisées ; mais elles sont bientôt remplacées, et l'on ne s'aperçoit de leur chute que par leur accumulation à la surface du terrain.

La plante complète, que nous la prenions dans les végétaux annuels, ou dans les arbres centenaires, présente donc des organes analogues destinés à remplir les mêmes fonctions, à conduire au même but, celui de la reproduction de la semence. Ces organes, que nous allons étudier successivement, sont : 1° les racines, 2° la tige, 3° les feuilles, 4° les appendices de la fructification.

Lorsqu'on suit les progrès d'une graine déposée dans un sol convenable, on remarque que dès leur première apparition, les racines se dirigent vers l'intérieur de la terre. La jeune tige prend une direction diamétralement opposée, elle croît verticalement. Les tiges latérales dans les plantes herbacées, les jeunes branches dans les arbustes, forment avec la tige principale ou le tronc, un angle variable. D'abord,

les branches tendent à s'élever verticalement ; mais lorsqu'elles sont très-étendues, très-développées, elles fléchissent vers le sol en cédant à la puissance de la gravitation. Knight a montré, par des expériences ingénieuses, que la direction que suivent les racines et les branches, provient en grande partie de cette force.

Cet habile observateur disposa une roue en bois, de telle façon qu'il pouvait la faire mouvoir avec des vitesses variables, dans des plans plus ou moins inclinés. Ainsi, la roue mise en mouvement par un cours d'eau, pouvait exécuter sa révolution dans un plan vertical ou dans un plan horizontal. Des fèves furent fixées sur la circonférence de la roue ; on avait eu soin de les placer dans les circonstances indispensables à leur germination et à leur croissance. En donnant à la roue une vitesse suffisante, il était possible de rendre la force centrifuge supérieure à la force de gravitation. Dans l'appareil de Knight, cette condition se réalisait lorsque la roue accomplissait dans le plan vertical, 150 révolutions par minute. On voyait alors la totalité des racines tourner leurs suçoirs ou radicelles hors de la circonférence, suivant une ligne qui se serait prolongée sur un rayon du cercle de la roue, et leur croissance s'exécutait dans des plans perpendiculaires à son axe.

Les tiges prenaient une direction entièrement opposée à celle suivie par les racines, et après quelques jours de végétation leurs sommets atteignaient le centre de la roue.

En faisant tourner la roue dans un plan horizontal,

on observait encore les mêmes effets, lorsque toutefois la vitesse de rotation était suffisante pour anéantir l'action de la gravitation terrestre. Mais lorsque cette vitesse convenablement ralentie ne faisait plus que modifier, diminuer la force d'attraction sans la faire disparaître entièrement, la plante se dirigeait suivant une résultante comprise dans un plan qui formait un certain angle avec la circonférence de la roue. Avec une vitesse donnée, Knight vit les racines s'incliner de 10° au-dessous du plan horizontal dans lequel la roue se mouvait; les tiges formaient alors un angle égal au-dessus du même plan. L'angle de déviation, formé dans cette position de la roue, était toujours d'autant plus petit que la vitesse de rotation était plus grande.

Puisque la gravitation intervient dans la situation que les végétaux occupent sur le sol, comme le prouvent les belles expériences de Knight, une conséquence pratique qui semble ressortir de ce fait, c'est que le nombre de plantes qui peuvent être placées sur un terrain, ne dépend pas uniquement de l'étendue de sa surface, et que la contenance d'un champ fortement incliné ne dépasse pas celle de sa projection horizontale. Pour les plantes rampantes, pour les prairies, il est clair que ce principe cesse d'être rigoureux; mais relativement aux végétaux à tiges isolées, plusieurs savants, au nombre desquels il faut placer Davy (1), l'ont admis comme parfaitement exact.

(1) Davy, *Chimie agricole*, t. I, p. 35, traduction française.

Dans cette opinion, comme l'a fort judicieusement fait remarquer Corrard, on se fonde sur ce principe géométrique très-vrai en lui-même, qu'un plan incliné ne peut pas être coupé par un plus grand nombre de filets verticaux, d'une épaisseur déterminée, que le plan horizontal qui lui sert de base (1). Ainsi, dit Corrard, comme les édifices qui occupent un plan incliné, sont élevés perpendiculairement à l'horizon, on en conclut avec raison, qu'il ne peut pas en contenir un plus grand nombre que n'en contiendrait le plan horizontal qu'il couvre ; en sorte que l'inclinaison d'un terrain ne peut pas contribuer à l'agrandissement des villes. Il est encore de la dernière évidence, que la pluie, tombant verticalement, la quantité d'eau recueillie sur les combles d'un édifice est absolument la même que celle qui serait jaugée dans le même lieu, sur une surface horizontale, égale à celle qu'occupe le bâtiment. Mais on se tromperait fort, ajoute Corrard, si l'on inférait du même principe, que dans l'étendue d'un plan incliné, il ne peut pas y avoir un arbre de plus que sur le plan horizontal beaucoup plus resserré qui lui sert de base. Car bien que les plantes croissent perpendiculairement à l'horizon, et puissent à cet égard, être considérées comme autant de filets verticaux, cependant des circonstances qui leur sont particulières ne permettent pas d'appliquer ici avec justesse le principe géométrique en question.

---

(1) Benjamin Corrard, *Verhandel von her Maatsch. te Haarlem*, t. XV, page 308.

Pour que l'application fût exacte, il faudrait supposer que les plantes n'ont besoin d'aucun espace pour prospérer, et que toute la surface du terrain pourrait être entièrement recouverte par leur tige, sans laisser aucun intervalle entre elles, et sans que ce rapprochement nuisît à leur végétation.

Cette supposition est impossible, puisqu'il faut de toute nécessité, que les plantes aient, dans le terrain comme dans l'atmosphère où elles croissent, un certain espace pour développer leurs racines et étendre leurs branches. Donc, en supposant le plan incliné sensiblement plus étendu que le plan horizontal, qu le supporte, il fournira nécessairement à un plus grand nombre de plants, les petits espaces dont leurs racines ont besoin pour se développer et se nourrir. En d'autres termes, sur la surface inclinée, il y aura évidemment une plus grande quantité de terre végétale, plus de sucs nourriciers propres à la végétation; et pour ces motifs, la distance qui doit toujours exister entre les végétaux, pourra être moindre que sur le plan horizontal. Par conséquent, toutes les conditions de fertilité étant supposées les mêmes, le plan incliné sera capable de porter un plus grand nombre de végétaux à tiges verticales.

L'organisation des différentes parties des plantes, si digne, à tous égards, d'exercer la persévérante sagacité des physiologistes, ne doit pas devenir pour nous l'objet d'une étude minutieuse. Pour les besoins de la science agricole, il suffit de se tenir dans les généralités. D'ailleurs cette organisation si compli-

quée en apparence, est probablement beaucoup plus simple qu'on ne l'admet ; peut-être trouverions-nous la preuve réelle de cette simplicité dans la facilité avec laquelle des organes les plus dissemblables par leur forme extérieure et par la nature si différente de leurs fonctions, se modifient, se transforment des uns aux autres, pour ainsi dire, à la volonté de l'observateur. Ainsi, les tubercules, ces corps charnus, amylacés, qui s'accumulent sur les tiges souterraines de certains végétaux, donnent naissance à une plante qui ne diffère en rien de celle qui serait issue d'une semence. Certaines feuilles, comme celles de l'oranger, du ficus elastica, se comportent comme les tubercules. Les tiges ligneuses, les branches séparées de l'arbre, enfouies dans la terre par leur extrémité, tendent à produire des racines, comme on l'observe journellement dans la multiplication par bouture.

La structure intime des racines, du tronc et des branches, présente assez de ressemblance. Si on les coupe perpendiculairement à leur axe, on reconnaît dans les diverses couches concentriques qui les composent, trois zones assez tranchées pour qu'il soit impossible de les confondre : l'écorce, le bois, l'axe médullaire. Un examen plus attentif fait apercevoir que chacune de ces zones peut encore se subdiviser.

La partie externe de l'écorce est recouverte d'une pellicule très-mince, presque transparente, poreuse, formée par l'assemblage de feuillets peu adhérents : c'est l'épiderme qui enveloppe la totalité du végétal. Comme il n'est extensible que dans certaines limites,

il se déchire, se gerce à mesure que le corps de l'arbre augmente de volume. Les pores de l'épiderme sont de petites ouvertures ou stomates qui communiquent à l'extérieur par une ouverture ovale bordée d'une espèce de bourrelet contractile. On a remarqué que l'humidité tend à fermer ces pores ou stomates; et que la sécheresse, l'action de la lumière solaire, tendent, au contraire, à les faire ouvrir. La nature chimique de l'épiderme qui recouvre l'écorce, semble indiquer qu'il est destiné à défendre la plante de l'action trop directe des agents extérieurs. Chez certains arbres, cette dernière pellicule est enduite de cire ou de résine. L'exemple le plus remarquable qu'on puisse citer à cette occasion, est celui de l'arbre à cire (ceroxylon andicola) qui croît avec abondance dans la chaîne des Andes. Ce palmier, qui atteint une élévation de quarante à cinquante mètres, est enduit sur toute la surface du tronc, d'un mélange de cire et de résine (1). Dans les graminées, l'épiderme est presque entièrement formé de silice. Le bouleau a son écorce recouverte d'une pellicule de nature grasse.

Après l'épiderme, en allant de la circonférence vers le centre, apparaît une lame de tissu cellulaire, que plusieurs physiologistes désignent sous le nom d'enveloppe herbacée. Dans le *quercus suber*, le liége représenterait le tissu qui recouvre le *liber*, organe

---

(1) Boussingault, sur le Palmier à cire, *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. 59, p. 19.

formé d'un tissu vasculaire, que l'on peut, au moyen de quelques précautions, séparer en lames très-minces, feuilletées, que l'on a comparées avec raison aux feuillets d'un livre.

L'origine du *liber* se trouve dans la partie la plus centrale du tronc; il est le résultat d'une exsudation des parties ligneuses, ainsi que l'a prouvé Duhamel avec cette admirable sagacité qui caractérise tous ses travaux. En effet, ayant enlevé une section d'écorce sur un arbre en pleine végétation, il reconnut, après avoir pris le soin de préserver la plaie du contact de l'air, que de la surface du ligneux mis à nu, et des bords de l'écorce restée adhérente, il exsude une matière visqueuse qui s'accumule, acquiert de la consistance, finit par prendre une disposition cellulaire, et régénère ainsi le *liber* qui avait été enlevé. Grew a nommé *cambium* cette sécrétion visqueuse. L'opinion la plus communément admise aujourd'hui est que le cambium dérive de la séve descendante.

Le liber est un organe important des végétaux ; on sait, par exemple, que pour la réussite d'une greffe, il faut que son liber pénètre ou soit pénétré par celui de l'arbre qu'il s'agit de greffer.

Sous le liber gisent les couches ligneuses. Celles qui sont les plus éloignées de l'axe du tronc, bien que présentant la structure fibreuse et les principaux caractères propres au ligneux, en diffèrent cependant par une moindre dureté, une moindre ténacité ; cette zone, qui au premier coup d'œil se distingue du bois proprement dit, est l'aubier ou faux bois. Ses fibres



sont beaucoup plus lâches, sa teinte moins foncée; la différence de nuance est surtout très-prononcée dans les bois de teinture.

L'aubier acquiert avec l'âge plus de dureté, de ténacité, et passe alors au ligneux proprement dit. Le bois commence là où se termine l'aubier, et continue vers le centre jusqu'à l'étui médullaire.

Dans les arbres dicotylédones, il se forme, durant la végétation, une certaine quantité de bois aux dépens de l'aubier; tandis que du côté opposé, vers l'écorce, l'aubier augmente d'une quantité à peu près égale; de sorte que dans nos climats, l'aubier s'accroît chaque année d'une nouvelle couche concentrique; mais dans les régions tropicales, où les arbres végètent sans interruption, les couches concentriques annuelles sont moins prononcées.

Pour prouver la conversion de l'aubier en ligneux, Duhamel y fit pénétrer, de part en part, un fil métallique. Au bout de quelques années, il put se convaincre que le fil se trouvait engagé dans une couche ligneuse.

La zone la plus centrale du tronc ou de la tige est traversée par le canal ou l'étui médullaire; c'est ordinairement le siége de la moelle, matière spongieuse, diaphane, constituée presque exclusivement par du tissu cellulaire.

La moelle envoie des ramifications vers les parties les plus externes du tronc. Son usage n'est pas parfaitement déterminé; et malgré l'utilité que lui attribuent certains physiologistes, on a quelques raisons

pour penser que ses fonctions n'ont pas une grande importance. L'expérience prouve, en effet, qu'on peut enlever la moelle des jeunes arbres sans mettre fin à leur existence, sans même arrêter leur croissance. Le rôle le moins contestable que semble jouer cette matière dans l'économie végétale, est celui d'une réserve pour l'humidité, qu'elle dispense ensuite à la plante aux époques des sécheresses, lorsque la terre ne lui en fournit plus une quantité suffisante.

La structure intérieure et le développement progressif de la tige des monocotylédones diffèrent essentiellement de ce que nous venons d'exposer relativement aux dicotylédones.

Si l'on examine la section d'un tronc de palmier, faite perpendiculairement à son axe, on ne voit plus cette disposition en zones qui s'observe chez les dicotylédones de nos climats. On ne distingue plus les régions de l'écorce, du liber, de l'aubier, du bois, formant autant de cercles concentriques autour du canal qui en est le centre commun. Le tronc du palmier offre une constitution plus homogène. La moelle est répandue dans toute la masse de la tige; et le ligneux à structure fibreuse, longitudinale, se trouve engagé, intimement mêlé, comme feutré avec la substance médullaire. L'écorce, toujours très-peu developpée, quelquefois réduite à un simple épiderme, se distingue avec peine des autres parties du tronc. A son origine, un palmier émet un système de feuilles dont les extrémités adhérentes se trouvent fixées dans un même plan, et entourent ordinai-

rement le collet de la racine. A la seconde pousse, surgit un système semblable au précédent, qui rejette à l'extérieur les premières feuilles, en anéantissant leur force de végétation. Ces feuilles se flétrissent, penchent vers la terre, tombent, et il ne reste, comme vestige de leur existence, qu'un anneau circulaire en saillie sur la tige. Le même phénomène se reproduit périodiquement. Au sein du bouquet de rameaux qui terminent la plante, naît un bourgeon, d'abord petit, étiolé (1); il déploie bientôt la plus vigoureuse végétation. Son accroissement, sa floraison, ses progrès vers la maturité, sont indiqués par le dépérissement, la décadence et la chute des feuilles qui l'ont d'abord protégé. L'âge d'un palmier, ou plutôt le nombre de fois qu'il a fructifié, se compte par les bourrelets ligneux qui se trouvent espacés sur sa tige. Sa durée semble n'avoir d'autres limites que la résistance que sa base oppose à la charge qu'elle supporte. Sur ces arbres colossaux on reconnaît assez souvent une diminution sensible du diamètre de la tige vers la partie supérieure; et c'est également un fait bien constaté pour la plupart des espèces, que l'abondance des fruits décroît lorsqu'elles sont parvenues à une certaine époque de leur existence. Pour le cocotier (*lodicea cocus nucifera*) cette période de décroissance se montre

---

(1) Ce bourgeon, dans certaines espèces de palmiers, est recherché comme aliment.

vers l'âge de trente ans, bien que cet arbre reste productif pendant près d'un siècle (1).

Les feuilles, dont les formes sont si variées, présentent cependant la plus grande analogie d'organisation : la substance membraneuse verte dont elles sont presque entièrement formées, est une extension du parenchyme ; l'enveloppe qui les recouvre répond à l'épiderme.

C'est dans les feuilles que la séve est soumise aux agents de l'atmosphère par l'intermédiaire des stomates ; elle s'y concentre, s'y modifie. Par rapport à la position que les feuilles occupent sur la plante, on distingue la face inférieure, celle qui est tournée vers la terre, de la face supérieure.

La partie supérieure des feuilles est recouverte d'un épiderme épais, souvent luisant ; cet épiderme est quelquefois enduit d'une matière riche en silice, comme dans les joncs. J'ai observé dans les steppes de l'Amérique méridionale un arbre nommé *chapparal*, dont la feuille est tellement siliceuse, qu'on l'emploie pour polir les métaux. Généralement, l'enduit supérieur des feuilles est une matière qui se rapproche, par sa nature, de la cire ou de la résine. L'épiderme qui recouvre la surface inférieure, est formé, dans le plus grand nombre de cas, d'une membrane très-mince, raboteuse, remplie de cavités, et assez souvent semée de poils ou de duvet.

(1) Renseignement communiqué par M. Codazzi. Le tronc des palmiers dans certaines espèces offre un renflement vers le milieu de sa hauteur : comme dans *la palma barrigona* du Choco.

L'apparence, le port, la position des feuilles, ne sont pas les mêmes pendant le jour et durant la nuit. Dans l'obscurité les feuilles simples tendent à se rouler sur elles-mêmes; sur les feuilles composées, comme celles de l'acacia, de la sensitive, l'effet est encore plus marqué; on peut même le produire à volonté. Si pendant le jour on place une sensitive dans une chambre obscure, ses feuilles se ferment aussitôt; en éclairant la chambre à l'aide de flambeaux, elles s'ouvrent comme sous l'influence de la lumière solaire (1). Linnæus, qui le premier a suivi ce genre de phénomène avec attention, a admis que les plantes éprouvent en l'absence de la lumière une sorte de sommeil.

La fleur est le précurseur du fruit; le fruit est le milieu au sein duquel se développe la graine. Les organes qui constituent la fleur sont : le calice, la corolle, destinés à supporter, à nourrir, à protéger le pistil et les étamines, en sont les parties essentielles; le calice est une membrane verte qui entoure la corolle et la remplace dans certaines fleurs.

La corolle est monopétale ou polypétale, selon qu'elle est composée d'une ou plusieurs pièces. Les étamines en occupent l'intérieur; elles sont terminées par des sommités d'une texture vasculaire : ce sont les anthères; la poussière qui les recouvre en y adhérant très-peu, est désignée sous le nom de pollen.

(1) Observation de M. de Candolle.

Le pistil, placé au centre de la fleur, est formé de l'ovaire, du style et du stigmate.

L'ovaire renferme le germe, l'embryon de la semence; mais cet embryon ne se développe que par l'action du pollen. Le style est en quelque sorte le prolongement tubulaire de l'ovaire; il supporte le stigmate, partie glandulaire qui reçoit l'impression fécondante du pollen.

D'après ce qui vient d'être exposé, on peut considérer le pistil comme l'organe femelle de la fleur, les étamines comme les organes mâles.

La généralité des fleurs réunit les organes des deux sexes. Ces fleurs sont hermaphrodites; celles qui ne comprennent qu'un organe, sont *unisexuées*. Sur certaines plantes on peut observer à la fois des fleurs mâles et femelles; sur d'autres les fleurs n'appartiennent qu'à un seul sexe. Les plantes polygames sont celles qui sur un même pied montrent la réunion de fleurs mâles et femelles ou hermaphrodites.

On comprend bien comment la fécondation peut s'opérer dans les hermaphrodites; mais on ne s'explique pas aussi facilement comment elle s'effectue chez les végétaux qui ne portent que des fleurs d'un seul sexe. Il est évident que dans ce cas l'action fécondante doit s'exercer à distance : c'est, en effet, ce qui a lieu par la nature pulvérulente, légère, du pollen, qui voltige dans l'air et se laisse transporter au loin par les vents.

Dans quelques fleurs, les organes sexuels acquièrent, à l'époque de la fécondation, la propriété de se

mouvoir de manière à la favoriser : on voit, par exemple, les étamines s'approcher du stigmate, y déposer le pollen, puis s'en éloigner. Il arrive encore que des étamines placées naturellement dans une position inclinée par rapport au pistil se redressent subitement pour lancer leur pollen sur l'organe femelle, et reprennent ensuite leur première situation. On a constaté sur plusieurs fleurs un dégagement de chaleur assez considérable aux approches de la fécondation. Chez certains *arums* la température s'est élevée à 40° ou 50° centig. Il est très-probable que ce phénomène est général et qu'il varie seulement dans l'intensité avec laquelle il se manifeste.

La fécondation accomplie, le rôle de la fleur est terminé. Elle se fane et tombe. L'ovaire fécondé augmente graduellement ; parvenu à sa maturité, il offre deux parties distinctes qui par leur réunion constituent le fruit : le péricarpe et la graine. Le péricarpe, qui enveloppe toujours la graine, est formé, à l'extérieur, de l'épiderme ou pelure ; à l'intérieur, de l'endocarpe : l'épaisseur laissée entre ces deux corps est remplie par une matière charnue ou amylacée, le sarcocarpe. Dans la graine séparée du péricarpe, on distingue l'épisperme, pellicule qui recouvre l'amande ou endosperme. L'embryon est quelquefois associé à l'amande, comme dans le blé ; quelquefois aussi l'embryon occupe seul l'épisperme, comme dans les légumineuses, où il n'y a pas d'endosperme.

La germination des graines, le développement des végétaux, ne se réalisent que sous certaines condi-

tions physiques dont nous devons faire une étude particulière.

Nous avons établi que pour qu'une semence puisse germer, il lui faut le contact de l'eau, la présence de l'air et l'influence d'une température suffisamment élevée. Les mêmes conditions continuent à être indispensables, lorsque la plante est organisée, mais il faut en outre le concours de la lumière.

Les racines vont chercher dans le sol l'humidité et certains principes qui doivent vivifier l'ensemble du végétal. Ces organes sont terminés par des fibres chevelues très-déliées, à l'aide desquelles s'opère l'absorption. On peut avoir la preuve qu'il en est ainsi par l'expérience suivante : que l'on place une racine pivotante, un navet par exemple, de manière que son extrémité chevelue plonge dans l'eau, la plante continuera à vivre, bien que la presque totalité du corps de la racine demeure hors du liquide ; que l'on dispose maintenant l'expérience de telle sorte, que le chevelu soit mis hors de l'eau, et que le corps de la racine soit immergé : les feuilles de la plante ne tarderont pas à se faner.

La force qui détermine la succion des racines, réside dans presque toutes les parties de la plante : ainsi, une tige, une branche, exercent cette succion lorsqu'on les plonge dans l'eau ; mais l'absorption opérée de cette manière a un terme, et bientôt on se trouve obligé de faire des sections fraîches aux extrémités qui ne se renouvellent pas, comme le font les fibres chevelues qui terminent une racine.

On n'a pas encore expliqué d'une manière satisfaisante l'ascension des liquides dans les végétaux; mais il est permis de supposer que le mouvement de la séve provient en grande partie, de la capillarité dont est doué le tissu des plantes, et de la surface d'évaporation présentée par les feuilles. On sait qu'à température égale, les hauteurs auxquelles l'eau s'élève au-dessus de son niveau, dans des tubes très-étroits ou capillaires, dépendent du diamètre de ces tubes. Les hauteurs atteintes par le liquide sont en raison inverse des diamètres. Ainsi, l'expérience prouve, qu'à 10 degrés de température, l'eau s'élève, dans un tube :

De :	1 millimètre de diamètre,	à	3 centimètres de hauteur.	
	1/10 de millimètre	idem.	à 30 centimètres	—
	1/100 de millimètre	idem.	à 3 mètres.	—

Or, les espaces tubulaires présentées par les cellules, les fibres, les vaisseaux des plantes, ayant à n'en pas douter un diamètre moindre que 1/100 de millimètre, on conçoit que par le simple effet de la capillarité la séve puisse s'élever à une hauteur de plusieurs mètres au-dessus des racines dont les radicelles puisent l'humidité dans le sol. Mais après avoir atteint cette hauteur, le liquide resterait stationnaire, si, d'après Hales, l'évaporation qui a lieu par la surface des feuilles n'intervenait pas pour le mettre en mouvement. La force qui détermine l'ascension est considérable, c'est ce que Hales a démontré par des expériences importantes.

A l'extrémité d'une racine de poirier dont la pointe

avait été coupée, on adapta un tube plié en angle droit et rempli d'eau ; la partie de tube opposée à celle qui était réunie à la racine plongeait dans un bain de mercure. En quelques minutes une partie de l'eau contenue dans le tube fut absorbée, et le mercure s'éleva de 22 centimètres au-dessus de la surface du bain.

Dans les premiers jours d'avril, Hales coupa un cep de vigne à 89 centimètres au-dessus de la surface du sol. Le cep ne portait aucun rameau, et sa section à peu près circulaire présentait un diamètre de 16 à 18 millim. A cette section il adapta un siphon renversé. Les choses ainsi disposées, il versa du mercure, qui en quelque temps, par l'effet de la pression exercée par la séve qui tendait à s'échapper, s'éleva dans une des branches du siphon, et resta fixé à 86 cent. au-dessus de son niveau primitif. Cette colonne de mercure représente, comme on voit, une pression bien supérieure à celle de notre atmosphère.

La marche ascendante de la séve dans les arbres se fait par les couches ligneuses. On peut s'en convaincre en faisant absorber aux plantes une teinture aqueuse de cochenille. On peut ensuite, en faisant plusieurs sections dans la tige, reconnaître la trace suivie par le liquide absorbé ; c'est évidemment la route qu'aurait prise la séve ascendante. On ne voit aucun indice de matière colorante dans la moelle, ni dans l'écorce ; le ligneux seul est coloré, quelquefois en totalité, mais le plus souvent dans ses parties les plus jeunes. Les traces coloriées qui résultent de cette injection du bois, sont en lignes et parallèles

comme les fibres ligneuses elles-mêmes ; mais dans certains cas, la séve peut se dévier de la direction rectiligne. Hales l'a montré par une expérience que nous devons rapporter. Il fit sur un arbre quatre entailles superposées ; chaque entaille occupait le quart du tronc et pénétrait jusqu'au centre. De cette manière toutes les fibres ligneuses se trouvaient coupées à des hauteurs diverses, et la séve pour continuer son ascension devait nécessairement éprouver une série de déviations latérales. C'est en effet ce qui eut lieu.

La séve ascendante, telle qu'on a pu l'examiner jusqu'à présent, est un liquide extrêmement aqueux, qui tient en dissolution une très-faible dose de matières salines, et de différentes substances organiques. Parvenue jusqu'aux feuilles, la séve s'y modifie, se concentre en perdant de l'eau. En même temps, elle éprouve, de la part de l'air atmosphérique sous l'influence de la lumière, une modification profonde dans sa constitution. Ainsi élaborée, la séve prend un mouvement descendant en suivant le liber, et se dirige vers la terre ; elle exécute donc, en parcourant le végétal, une sorte de circulation. On démontre la marche descendante de la séve, en faisant une ligature au tronc d'un arbre : après un certain temps, il se forme au-dessus du point lié, un renflement, un bourrelet, dû à l'accumulation des principes de la séve, et l'arbre ne prend plus d'accroissement au-dessous de la ligature. Cette route descendante de la séve élaborée n'est pas un effet de la pesanteur : car si l'on établit une compression annulaire sur une

branche pendante vers la terre, le bourrelet se forme entre la ligature et le sommet de la branche ; la matière qui s'accumule coule donc, dans cette disposition, dans le sens opposé à celui dans lequel s'exerce la pesanteur. La séve descendante parcourant les couches corticales, doit nécessairement contribuer à leur formation, et il est à peu près certain qu'elle est l'origine du *cambium* qui, d'après l'expérience capitale de Duhamel, se change en liber et concourt ainsi à l'accroissement des arbres. La concentration de la séve ascendante, lors de son séjour dans les feuilles, par le seul fait de l'évaporation, est le phénomène que l'on désigne sous le nom de transpiration des plantes; cette transpiration, on le comprend aisément, est favorisée par la température, la sécheresse et l'agitation de l'air. Dans ces circonstances favorables, l'eau s'échappe à l'état de vapeur. Hales comparait l'exhalation aqueuse des végétaux à la transpiration des animaux, et il s'appliqua à déterminer la quantité de vapeur aqueuse exhalée par les plantes dans les conditions ordinaires de leur culture.

Hales planta un soleil (*helianthus annuus*) dans un vase imperméable, dont l'orifice pouvait se fermer hermétiquement par un couvercle en plomb. Ce couvercle était percé de deux trous : l'un destiné à laisser passer la tige de la plante, l'autre servant à introduire l'eau pour l'arrosage. Pendant quinze jours l'appareil fut pesé régulièrement. On reconnut qu'en moyenne, les parties vertes de l'hélianthus perdirent 610 grammes en douze heures de jour. L'évaporation

était toujours favorisée par un temps sec et chaud ; un air humide la diminuait : aussi pendant la nuit l'évaporation se réduisait quelquefois à 9 décagrammes. Il arriva même qu'elle devint nulle.

L'évaporation, ou si l'on veut la transpiration, est favorisée par le grand développement des feuilles. Dans l'expérience de Hales rapportée plus haut, les feuilles de l'hélianthus avaient 4, 12 mètres carrés. Comme en définitive l'eau évaporée provient du sol, où elle est puisée par la racine de la plante, il faut bien que cet organe ait un développement qui soit dans un certain rapport avec celui des feuilles : c'est ce qui a lieu, en effet. Ainsi, en mesurant exactement toutes les parties d'une racine d'hélianthus, Hales reconnut, que l'ensemble du système radiculaire avait une longueur de 470 mètres, avec une circonférence moyenne de 3 1/2 millimètres, ce qui donnerait aux racines une surface totale de 1,67 mètre carré.

Dans une autre expérience, Hales trouva qu'un choux *transpirait* en 12 heures de jour 580 grammes d'eau. La surface des feuilles était de 2 mètres carrés, la longueur totale des racines de 153 mètres, leur surface d'environ 2 décimètres carrés.

Il n'y a pas à douter que l'aspiration de l'eau du sol par les racines ne soit en grande partie la conséquence de l'évaporation qui a lieu par les feuilles, car en enlevant ces dernières du végétal l'évaporation est considérablement atténuée. On en jugera par les résultats obtenus par Hales avec une

branche de poirier. La branche, garnie de feuilles, laissait évaporer, dans un temps donné, de 500 à 800 grammes d'eau. Dans le même temps, et après avoir arraché les feuilles, l'eau évaporée n'a plus dépassé 30 grammes. On voit que les feuilles déversent dans l'air de grandes quantités de vapeur aqueuse.

D'après ce qui a été exposé précédemment, on trouve, par exemple, qu'un champ de choux d'un hectare dont les plants seraient espacés à 50 centimètres peut, en 12 heures, émettre 20.000 kilogr. de vapeur, répondant à 20 mètres cubes d'eau. Suivant Hales, les parties vertes d'un plant de houblon, dans des circonstances favorables, *transpirèrent*, en douze heures, 122 grammes d'eau ; par conséquent, un hectare de houblon renfermant 20.000 plants en laisserait évaporer 2.440 kilogrammes.

Dans les jours pluvieux, pendant les brouillards, l'évaporation cesse, la plante devient malade, il s'y développe de la moisissure ; et c'est à cette suppression que Hales attribuait la nielle dont les ravages sont si fréquents dans les houblonnières de certaines contrées.

La vie végétale paraît intimement liée au phénomène de l'évaporation. D'après des recherches que j'ai entreprises sur ce sujet, si digne à tous égards d'attirer l'attention des observateurs, il semble résulter qu'une plante ne se développe qu'autant qu'elle peut transpirer ; et qu'en empêchant cette transpiration on arrête, on suspend réellement la végétation.

Nous entrevoyons, dès à présent, dans le phénomène de l'exhalaison l'origine de certaines substances qui se rencontrent dans l'organisation des plantes, bien qu'elles existent en quantités à peine appréciables dans l'eau qui sert à arroser : c'est que l'eau les abandonne en s'évaporant; et comme la masse du liquide aspiré par les racines et exhalé par les parties vertes est considérable, on conçoit comment ces substances peuvent être accumulées dans un végétal, bien qu'elles existent en quantité infiniment petite dans l'eau qui sert à abreuver les plantes.

Dans une plante en plein développement, une partie de l'eau qu'elle absorbe doit nécessairement entrer dans sa constitution ; dès lors l'eau exhalée par la transpiration des feuilles ne doit pas représenter la totalité de celle qui a été absorbée par les racines. Sennebier a cherché à établir le rapport qui existe entre l'absorption et l'exhalaison ; il a trouvé pour le cas particulier dans lequel il a observé, que le tiers environ de l'eau absorbée se fixe dans la constitution du végétal.

CHAPITRE II.

PHÉNOMÈNES CHIMIQUES DE LA VÉGÉTATION.

Les phénomènes chimiques de la végétation s'accomplissent par le concours des éléments de l'atmosphère, de l'eau, et de certaines substances qui se trouvent répandues dans le sol.

L'action de l'atmosphère sur les plantes offre deux phases parfaitement distinctes : la germination, et la végétation proprement dite qui comprend le développement, l'accroissement et la multiplication de l'espèce.

De la germination.

Nous avons reconnu que la graine considérée sous le rapport de son organisation consiste : 1° dans un embryon qui comprend les germes de la racine et de la tige ; 2° le cotylédon. Envisagées sous le point de vue de leur constitution chimique, les graines présentent une certaine analogie de composition. Elles contiennent : 1° un corps non azoté, comme l'amidon, la gomme ; 2° une matière fortement azotée analogue au caséum du lait et à l'albumine animale : c'est cette matière que l'on désigne communément

sous le nom de gluten, d'albumine végétale, de légumine ; 3° une matière grasse ou huileuse, riche en carbone et en hydrogène. Certaines semences renferment des huiles volatiles, comme l'anis, le cumin, etc. Les différents principes qui sont associés dans les semences varient considérablement dans leurs proportions relatives ; elles sont d'ailleurs renfermées dans des loges ou cellules formées de cellulose constituant, en quelque sorte, le squelette de l'amande. Il est telle graine, comme celle de colza, qui contient plus de 40 p. cent de son poids de matière grasse, tandis que telle autre, comme le froment, en renferme au plus deux centièmes. L'avoine peut contenir 10 à 12 pour cent de caséine ou de gluten; dans certaines variétés de froment, l'analyse en indique une quantité beaucoup plus forte. Les proportions d'amidon, de gomme, de sucre ou de mucilage, ne varient pas moins. Il arrive presque toujours que ces diverses matières sont associées dans une même semence; quelquefois une seule y domine et les autres n'y entrent plus que pour une très-faible part.

Après leur combustion, les graines laissent toujours des cendres composées de phosphates, de sulfates, de chlorures alcalins et terreux. Ces cendres renferment quelquefois de la silice, et des carbonates provenant de la destruction de sels formés par des acides organiques.

Lorsque l'on place sous une cloche contenant de l'air atmosphérique et posée sur un bain de mercure,

plusieurs graines humides, on aperçoit bientôt tous les signes de la germination. Au bout de quelques jours, si la chaleur a été suffisante, la germination fait des progrès rapides. En supposant que la température de la cloche n'ait point varié, et que la pression atmosphérique soit restée la même, on trouve généralement que l'air au milieu duquel la germination s'est opérée, n'a point changé son volume primitif; cependant cet air a été modifié dans sa composition : il s'y est formé une quantité notable de gaz acide carbonique, et l'oxygène a diminué. Le volume de gaz acide carbonique produit représente le plus souvent le volume de gaz oxygène qui a disparu. Or, l'on sait que le carbone, en brûlant dans un volume déterminé de gaz oxygène, donne sensiblement un volume égal d'acide carbonique. C'est ce fait qui a porté de Saussure à admettre que dans la germination, l'acide carbonique provient de la combustion d'une partie du carbone qui entre dans la constitution de la graine.

La germination et l'apparition de l'acide carbonique, qui en est toujours la conséquence, se produisent également bien dans le gaz oxygène pur ; mais les graines cessent de germer lorsqu'elles sont placées dans une atmosphère privée de ce gaz. Ainsi, la germination est impossible dans le gaz azote, le gaz hydrogène, le gaz acide carbonique, quelque favorables que soient d'ailleurs les conditions d'humidité, et de température. On remarque bien, à la vérité, une formation d'acide carbonique; mais, dans de

semblables circonstances, ce gaz est le résultat de la décomposition, de la fermentation putride des semences. C'est donc par l'oxygène qu'il renferme, que l'air atmosphérique concourt à la germination des graines.

Rollo est le premier qui ait constaté la production d'acide carbonique pendant la germination des graines dans un milieu de gaz oxygène ; mais c'est Théodore de Saussure, qui, par des expériences eudiométriques exactes, a montré le phénomène dans toute sa netteté , en prouvant que l'oxygène consommé était remplacé par un volume correspondant de gaz acide carbonique (1).

Il est des graines, comme les pois, les semences aquatiques, qui jouissent de la propriété de germer sous l'eau. Quelques observateurs avaient tiré de ce fait la conclusion prématurée que l'air de l'atmosphère, et par conséquent l'oxygène, n'est point indispensable à la germination. Saussure a expliqué cette anomalie par le fait de la présence constante de l'air en dissolution dans l'eau ; en effet, ayant mis sous de l'eau privée d'air par une ébullition prolongée, des graines de *polygonum amphibium*, elles ne germèrent plus (2).

A parité de circonstances, la quantité d'acide carbonique formée dans un temps donné, est d'autant plus grande, que l'oxygène prédomine davantage dans l'atmosphère qui entoure la graine qui germe.

---

(1) Saussure, *Recherches chimiques sur la végétation*, p. 10.
(2) Saussure, *Recherches chimiques, etc.*, p. 3.

L'acide carbonique est de tous les gaz dans lesquels on ait expérimenté, le plus défavorable à la germination; aussi, un moyen de la favoriser consiste à placer sous les cloches qui recouvrent les graines, une substance capable d'absorber cet acide à mesure qu'il se forme, de la chaux vive par exemple. A l'aide de cette disposition, l'accroissement radiculaire est sensiblement accéléré (1).

La quantité de gaz oxygène nécessaire pour déterminer la germination n'est pas la même pour toutes les graines; la laitue, le haricot, la fève, en exigent environ 1/100 de leurs poids respectifs. Il en faut dix fois moins pour le froment, l'orge, le pourpier. Saussure s'est d'ailleurs assuré que l'acide carbonique produit par ces différentes graines est proportionnel à leurs masses, et tout à fait indépendant de leur nombre (2).

Puisque durant la germination, les graines cèdent du carbone à l'atmosphère, il est bien clair qu'elles doivent perdre une partie de leur poids primitif. C'est ce qui a lieu effectivement; mais la perte éprouvée par les semences qui ont germé, est constamment plus forte que celle qui devrait résulter de l'élimination du carbone. Saussure attribue cette perte en excès, à la volatilisation d'une partie de l'eau qui entrait dans la constitution des graines (3).

---

(1) Saussure, *Recherches chimiques, etc.*, p. 26.
(2) Saussure, *Recherches chimiques, etc.*, p. 13.
(3) Saussure, *Recherches chimiques, etc.*, p. 20.

Ainsi, selon Saussure, les phénomènes de la germination se réduiraient à une élimination de carbone et des éléments de l'eau. Il est toutefois douteux que les actions chimiques soient aussi simples. On sait par exemple, que pendant la germination il y a apparition d'un acide dont on reconnaît la présence en faisant germer des semences humides sur du papier bleu de tournesol, qui prend alors une teinte rouge permanente.

L'invariabilité du volume de l'air dans le milieu duquel germent des semences, n'est pas absolue. En examinant avec une nouvelle attention l'action des graines germantes sur une atmosphère limitée, de Saussure s'est convaincu, postérieurement à ses premiers travaux, que certaines semences ont la faculté de diminuer le volume de cette atmosphère, tandis que d'autres l'augmentent sensiblement. Il faut donc admettre que pendant la germination, il peut arriver que le volume d'acide carbonique produit soit tantôt plus grand, tantôt plus petit que le volume du gaz oxygène consumé. Le sens des résultats obtenus paraît d'ailleurs varier pour une même espèce, selon l'état plus ou moins avancé du phénomène.

L'analyse élémentaire m'a semblé le moyen le plus convenable pour éclairer l'étude de la germination. Je rapporterai quelques essais tentés dans cette vue, moins pour l'utilité dont ils peuvent être à la résolution de la question, que pour indiquer une méthode générale à ceux qui voudraient aborder ce sujet intéressant de la physiologie. Les expériences

ont porté sur de la graine de trèfle et de froment.

La graine, par une dessiccation faite à 110°, a perdu 0,120 d'eau. Convenablement humectée, elle a été mise à germer sur une assiette en porcelaine. A mesure que la radicule atteignait une longueur de 1/2 à 1 centim., chaque graine était placée dans une étuve dont la température était suffisamment élevée pour arrêter subitement la germination. La dessiccation complète était ensuite terminée au bain d'huile chauffé à 110°.

La graine mise à germer pesait 2 gr., 474 : supposée sèche, 2 gr., 405. La graine germée également desséchée a pesé 2 gr., 241.

L'analyse a indiqué pour la composition de :

	La graine avant la germination :	La graine germée :
Carbone.....	50,8	51,5
Hydrogène...	6,0	6,3
Azote........	7,2	8,0
Oxygène.....	36,0	34,2
	100,0	100,0

RÉSUMÉ DE L'EXPÉRIENCE.

			Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.
Graine mise à germer. .	2,405	contenant	1,272	0,144	0,866	0,173
Graine germée	2,241		1,154	0,141	0,767	0,179
Différences	— 0,164		— 0,068	— 0,003	— 0,099	+ 0,006

La perte totale pendant la germination a donc été de 0 gr., 164, tandis que la perte due uniquement au carbone ne s'est élevée qu'à 0 gr., 068. L'analyse fait voir, en outre, que dans le cas particulier, l'excès de perte en sus de celle attribuée au carbone, n'est pas dû entièrement aux éléments de l'eau, puis-

que cette perte s'exprime en partie par de l'oxyde de carbone ; car

0,068 de carbone,
0,091 d'oxygène

Représentent 0,159 d'oxyde de carbone.

Dans cette supposition, et si cette première période de la germination du trèfle se fût opérée en vase clos, le volume de l'atmosphère aurait augmenté par la raison que 1 volume de gaz oxyde de carbone + 1/2 volume d'oxygène = 1 volume de gaz acide carbonique. Il est, en effet, évident que pour chaque volume d'oxyde de carbone émané de la graine, il y a eu la moitié de ce volume ajoutée au volume total de l'atmosphère.

Il n'est peut-être pas inutile d'insister sur cette circonstance, que l'augmentation de volume, qui dans l'expérience que je viens de rappeler répond à environ 64 cent. cub., eût certainement passé inaperçue, si l'on eût opéré en vase clos. Par la raison qu'il eût fallu employer plusieurs litres d'air atmosphérique pour mettre les 2 gr., 4 de semences dans des conditions favorables à la germination, on conçoit dès lors que l'accroissement de volume eût été une fraction trop petite de la masse totale de l'air, pour être évalué avec quelque certitude.

Germination du froment.

Le froment perdait à la dessiccation 0 gr., 166 d'humidité.

Trente-une semences ont été mises à germer. La

germination a été suspendue aussitôt après l'apparition des radicules. Les jeunes tiges étaient à peine visibles. Le froment germé était légèrement ridé; broyé après avoir été desséché, il différait à peine du froment ordinaire réduit en poudre : on y reconnaissait encore beaucoup d'amidon.

Le froment mis à germer pesait supposé sec et privé de cendre. . . . . 2 gr., 439

La graine germée ramenée aux mêmes conditions. . . . . 2 gr., 365

L'analyse élémentaire a donné pour la composition du :

	Froment non germé :	Froment germé :
Carbone.....	46,6	47,0
Hydrogène...	5,8	5,9
Azote.	3,45	3,7
Oxygène.....	44,15	43,4
	100,00	100,0

RÉSUMÉ DE L'EXPÉRIENCE.

			Carbone.	Hydrog.	Oxygène.	Azote.
Froment mis à germer. . . .	2,439	contenant	1,132	0,141	1,073	0,083
Froment germé.	2,365		1,111	0,139	1,026	0,087
Différences.	— 0,074		— 0,021	— 0,002	— 0,047	+ 0,004

0 gr., 021 de carbone + 0 gr., 028 d'oxygène représentent 0 gr., 049 d'oxyde de carbone; 0 gr., 002 d'hydrogène exigeraient 0 gr., 016 d'oxygène pour former de l'eau. Or, l'oxygène restant, défalcation faite de celui qui entre dans la composition de l'oxyde de carbone, est 0 gr., 019.

Dans la première période de la germination, le froment éprouve donc, comme le trèfle, une perte

qui s'exprime en grande partie par de l'oxyde de carbone. L'examen chimique de la composition de ces deux graines à des époques plus avancées de leur germination, ne présente plus une relation aussi simple. On reconnaît bien que le carbone continue à être éliminé; mais la perte ne correspond plus à celle que l'oxygène de la semence aurait dû subir, pour que la perte totale puisse se représenter par un composé défini du carbone. Le phénomène devient alors très-complexe; et l'on conçoit aisément qu'il doit en être ainsi, quand on considère qu'à mesure que les parties vertes se développent, il se produit une action chimique entièrement différente de celle qui se manifeste dès les premières phases de la germination : les matières vertes des végétaux ayant, comme nous le verrons, le pouvoir de décomposer le gaz acide carbonique par l'intervention de la lumière et de s'en assimiler le carbone.

Cette action de la matière verte se manifeste bien avant que la première ait cessé entièrement; de sorte que pendant un certain temps deux forces opposées se trouvent en présence. L'une tend, comme nous l'avons reconnu, à enlever du carbone à la semence; l'autre contribue à lui en fournir. Tant que la première de ces forces domine, la graine perd du carbone, mais à la première apparition des organes verts, la jeune plante en récupère une partie; enfin, quand, par les progrès de la végétation, la seconde force surpasse la première en intensité, la plante s'accroît et marche rapidement vers la maturité.

Le phénomène chimique qui donne aux parties vertes la faculté de s'approprier les éléments gazeux de l'atmosphère, exige toujours pour agir la présence de la lumière solaire. La germination, au contraire, peut s'accomplir dans l'obscurité la plus absolue ; et il peut être curieux de rechercher quelle sera l'issue d'une végétation commencée et continuée dans de semblables circonstances, où les organes nés de la graine, se trouvant constamment à l'abri de la lumière, ne pourront fixer aucun des principes de l'atmosphère, pour réparer la dissipation du carbone éprouvée par la semence. Il est bien évident que cette perte en carbone a une limite, qui est probablement celle de la germination.

Germination continue des pois.

Dix semences de pois pesant ensemble 2 gr., 237, supposées sèches, ont été mises à germer dans une chambre obscure, dont la température s'est maintenue entre 12° et 17°. L'expérience a été commencée le 5 mai et terminée le 1er juillet.

Les pois germés desséchés ont pesé 1 gr. 075.

Composition des pois :

	Avant la germination :	Après la germination :
Carbone......	46,5	44,0
Hydrogène....	6,1	6,0
Azote........	4,2	6,7
Oxygène......	40,1	36,9
Cendres......	3,1	6,4
	100,0	100,0

RÉSUMÉ DE L'EXPÉRIENCE.

			Carbone.	Hydrog.	Oxygène.	Azote.	Sels, terre.
Pois mis à germer.	2.237	contenant	1,040	0.137	0,897	0,094	0,069
Pois germés. . . .	1,075		0,473	0,065	0,397	0,072	0,069
Différences. . . .	— 1,162		— 0,567	— 0,072	— 0,500	— 0,022	0,000

Arrivés à cette limite extrême de la germination, les pois ont éprouvé une perte d'environ 52 p. 100 qui a porté sur chacun des principes élémentaires, et qui se résume en carbone, en eau et en ammoniaque.

0,500 d'oxygène prennent	0,063	d'hydrogène, pour produire de l'eau.
0,022 d'azote exigent	0,005	d'hydrogène pour faire de l'ammoniaque.
	0,068	représente, à 4 milligrammes

près, l'hydrogène éliminé.

Dans cette expérience, on voit qu'une semence pesant 0 gr., 224 a perdu par jour environ 0 gr., 005 de carbone.

Germination continue du froment.

Le 5 mai, 46 graines de froment mises à germer dans l'obscurité, pesaient supposées sèches 1 gr., 665.

Le 25 juin, le froment germé a pesé sec 0 gr., 713.

Composition du :

Froment avant la germination :		Froment après la germinat. :
Carbone......	45,5	41,1
Hydrogène....	5,7	6,0
Azote........	3,4	8,0 supposé.
Oxygène......	43,1	39,5
Cendres......	2,3	5,4 calculé.
	100,0	100,0

RÉSUMÉ DE L'EXPÉRIENCE.

			Carbone.	Hydrog.	Oxygène.	Azote.	Sels, terre.
Froment à germer.	1,665	contenant	0,758	0,095	0,718	0,057	0,038
Froment germé. . .	0,715		0,295	0,043	0,282	0,057	0,038
Différences. . . .	— 0,952		— 0,465	— 0,052	— 0,436	0,000	0,000

Durant cette germination, prolongée pendant 51 jours, le froment a perdu 57 p. 100 ; perte qui se traduit exactement en carbone et en eau (1).

Ces résultats de l'analyse tendent donc à établir, que les phénomènes chimiques qui se produisent dès la première phase de la germination, persistent encore, alors même que la matière organisée de la semence s'est transformée en un être végétal, imparfait sans doute, mais présentant cependant des organes essentiels, des racines, une tige et des feuilles rudimentaires. Privée de lumière, cette plante étiolée végète pour ainsi dire d'une manière négative, en dépensant, en exhalant les principes élémentaires contenus dans la graine d'où elle est née.

La pratique généralement suivie de placer les semences à quelque profondeur dans le sol, a fait croire pendant longtemps que la lumière nuisait à la germination. Sennebier avait tiré la même conclusion de ses propres recherches, qui semblaient trouver une confirmation dans les expériences d'Ingen-Housz, expériences qui furent entreprises comparativement à

(1) Le manque de matière a empêché de doser l'azote du froment germé. On a supposé que sa proportion n'a pas varié ; il est cependant très-probable qu'il y a eu un léger dégagement d'azote, comme dans l'expérience précédente.

l'ombre et au soleil (1). Mais de Saussure a montré que l'effet défavorable attribué à la lumière dépend réellement d'une température plus élevée et, par suite, de la dessiccation de la semence, en faisant germer des graines en même temps, sous deux cloches égales en capacité. L'une des cloches était opaque, l'autre en verre transparent et placée de manière à recevoir la lumière diffuse. La température était à peu près la même de part et d'autre. Les graines ont levé simultanément dans les deux appareils (2). Au bout de quelques jours la cloche transparente couvrait la végétation la plus avancée; ce qui devait arriver, d'après ce que nous avons dit précédemment sur les fonctions des parties organisées soumises à l'action de la lumière.

On doit à M. de Humboldt des observations curieuses sur la propriété que possède le chlore, de favoriser énergiquement la germination. L'action du chlore est tellement manifeste, qu'elle s'exerce même sur des semences anciennes qui refusent de germer quand on les place dans les circonstances ordinaires. Les expériences de M. de Humboldt portèrent d'abord sur le cresson (*lepidium sativum*). Les graines étaient placées dans deux éprouvettes en verre, dont l'une renfermait une dissolution de chlore, et l'autre de l'eau ordinaire. Les éprouvettes furent mises dans l'obscurité, la température étant maintenue à 15°. Dans la

(1) Saussure, *Recherches chimiques, etc.*, p. 23.
(2) Saussure, *Recherches chimiques, etc.*, p. 23.

dissolution de chlore, la germination eut lieu en six à sept heures; il en fallut trente-six à trente-huit, pour qu'elle se manifestât dans l'eau. Dans le chlore, les radicules avaient déjà un développement de 1 millimètre et demi au bout de quinze heures; tandis qu'on les apercevait à peine après vingt heures d'immersion, sur les graines immergées dans l'eau (1).

Dans les jardins botaniques de Berlin, de Potsdam et de Vienne, on a tiré parti de cette propriété du chlore, en faisant germer de vieilles graines sur lesquelles tous les essais possibles de germination avaient été infructueux.

Développement et accroissement des plantes.

A mesure que la germination fait des progrès, on voit se développer et grandir les organes qui ont apparu d'abord à l'état rudimentaire. Les racines s'allongent et se multiplient en couvrant leurs extrémités de fibres chevelues. La tige, en s'élevant, envoie, dans toutes les directions, des branches qui se garnissent de feuilles. Les cotylédons qui ont nourri la plante dans les premiers jours, se dessèchent et tombent. Sous l'influence de la lumière solaire, la végétation marche vers la maturité, et la matière organisée qui constitue la plante récoltée, pèse infiniment plus que la même matière qui préexistait dans la semence. Pour citer un exemple pris dans les plantes annuelles,

(1) Humboldt, *Flora fribergensis subterranea*, année 1793, p. 156.

une graine de betterave champêtre du poids de 0 gr., 004, peut donner une racine munie de feuilles pesant 10.500 gr. (1).

Cette assimilation si abondante et si rapide ne peut avoir d'autre source que l'eau, le sol et l'air. Sans nous préoccuper, maintenant, de l'influence utile que le sol et les substances qui s'y rencontrent peuvent exercer sur le complet développement des végétaux, nous poserons en principe que l'eau pure et l'air suffisent pour leur fournir les éléments principaux qui constituent leur organisme : savoir, le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote. En d'autres termes, certaines graines peuvent germer, végéter et donner une plante qui atteigne une parfaite maturité, par le seul concours de l'eau, et des gaz ou des vapeurs contenus dans l'atmosphère. C'est ce que prouve l'observation suivante.

Dans de la brique pilée grossièrement et chauffée à la chaleur rouge pour détruire toute trace de matière organique, puis convenablement humectée avec de l'eau distillée, on a semé des pois le 9 mai. La culture a été continuée dans une petite serre bien close, en usant de toutes les précautions convenables pour mettre les plantes à l'abri des poussières qui voltigent dans l'atmosphère.

Le 16 juillet, les pois, dont la végétation présentait la plus belle apparence, commencèrent à fleurir. Chaque semence a fourni une tige; et chaque tige,

(1) Résultat d'une pesée faite en 1841, à Bechelbronn.

abondamment garnie de feuilles, a porté une fleur.

Le 15 août, les gousses étaient parfaitement mûres; on cessa d'arroser, et à la fin du mois les plantes étaient sèches.

La longueur des tiges récoltées a varié de 1 mètre à 1 mètre 2 centimètres. Ces tiges étaient fort grêles. Les feuilles ne présentaient guère que le tiers de la superficie qu'elles auraient acquise, si elles eussent appartenu à une plante venue dans un terrain fumé.

Les gousses avaient une longueur moyenne de 35 millimètres, sur une largeur de 11 millimètres. La plupart des gousses renfermaient chacune deux semences.

En trois mois, les pois sont donc parvenus à une maturité complète ; on a recueilli des graines. L'analyse dont je présenterai bientôt les détails, à l'occasion d'une question que nous aurons à discuter, a indiqué que cette récolte obtenue dans ces conditions, a acquis une proportion considérable de chacun des éléments qui étaient originairement associés dans la semence.

Le carbone étant le principe prédominant dans les plantes, nous devons d'abord rechercher l'origine de celui qui a été assimilé pendant la végétation.

Le carbone se rencontre en très-petite quantité dans l'atmosphère à l'état d'acide carbonique ; et comme c'est parmi les gaz qui en font partie, un des plus solubles, l'eau en tient toujours en dissolution une proportion notable. L'acide carbonique peut donc se trouver en rapport avec les plantes, par l'air au

milieu duquel elles vivent, par l'eau qui n'est pas moins indispensable à leur existence. Il nous reste maintenant à étudier dans quelles conditions ce gaz se dépouille de son carbone en faveur des végétaux.

Bonnet ayant placé des feuilles fraîches au fond d'un vase qui contenait de l'eau de source, remarqua que par leur exposition au soleil, elles laissaient dégager des bulles d'air. Il rechercha si ce dégagement gazeux émanait des feuilles ou du liquide dans lequel elles étaient plongées. A cet effet, il répéta cette expérience en employant de l'eau privée d'air par une ébullition convenable. Les feuilles mises dans l'eau bouillie et exposées à la lumière du soleil ne produisirent plus de gaz. Bonnet en conclut que le gaz recueilli dans sa première observation provenait de l'eau.

En 1771, Priestley reconnut que les plantes, en émettant de l'oxygène, possèdent la propriété d'améliorer l'air atmosphérique vicié par la respiration des animaux ou par la combustion (1). Cette découverte inattendue fixa au plus haut degré l'attention des physiologistes.

Cependant, Priestley n'était pas maître de l'expérience capitale qu'il avait signalée au monde savant. Il n'avait pas saisi toutes les circonstances qui en assurent le succès. Quelquefois, les feuilles sur lesquelles on expérimentait, ne laissaient dégager aucun gaz ; quelquefois aussi, le gaz dégagé, loin d'être de

(1) Priestley, *Expériences et observations*, t. II, p. 59. Traduct.

l'oxygène, était du gaz acide carbonique. Ce fut Ingen-Housz qui constata l'influence de la lumière solaire sur la production de ces phénomènes. Il prouva, par une multitude d'observations, que les feuilles exhalent de l'oxygène, lorsqu'elles sont exposées au soleil. Il reconnut en outre que, dans l'obscurité, elles vicient l'air et le rendent impropre à la respiration et à la combustion (1).

Restait encore à expliquer l'origine de l'oxygène dégagé de l'eau par les feuilles éclairées par la lumière du soleil. C'est ce que fit Sennebier en prouvant que c'est à l'acide carbonique contenu ordinairement dans l'eau, que les feuilles doivent de produire du gaz oxygène. On rendait ainsi raison des anomalies qui avaient été successivement signalées. L'eau bouillie, comme Bonnet l'avait observé le premier, ne pouvait donner de l'oxygène ; et les eaux de source, comme l'avait reconnu effectivement Ingen-Housz, devaient en produire plus que l'eau de rivière, par la raison que les eaux souterraines renferment toujours plus d'acide carbonique que celles qui coulent à la surface du sol.

Ainsi, en résumant l'histoire de cette brillante découverte du dix-huitième siècle, on peut dire que Bonnet a le premier aperçu le phénomène du dégagement gazeux opéré par les feuilles (2) ; que Priestley s'est aperçu que le gaz dégagé est de l'oxygène ;

(1) Ingen-Housz, *Expériences sur les végétaux*.
(2) Bonnet, *Sur l'usage des feuilles dans les plantes*, p. 31.

qu'Ingen-Housz a démontré la nécessité de la lumière solaire pour la réalisation du phénomène ; et qu'enfin c'est à Sennebier qu'il était réservé de montrer que le gaz oxygène obtenu dans ces circonstances est le résultat, le produit de la décomposition de l'acide carbonique.

Il s'agissait d'étudier dans ses moindres détails, la décomposition de l'acide carbonique par les végétaux. Il fallait rechercher, par exemple, quel rapport il existe entre le volume d'oxygène dégagé et le volume de gaz acide décomposé ; c'est ce qu'a fait Théodore de Saussure dans une longue suite de travaux remarquables, dont je vais essayer de présenter le résumé.

La conséquence qui se déduisait naturellement de la découverte de Sennebier, était que l'acide carbonique exerce une influence favorable sur la végétation, en introduisant dans les plantes le carbone qui entre dans leur constitution. Percival constata directement cette action de l'acide carbonique sur les végétaux, en les plaçant dans un courant d'air atmosphérique mélangé d'une assez forte proportion de ce gaz. Il vit, à l'aide d'une expérience comparative, que dans cette situation, la plante faisait des progrès beaucoup plus rapides que si elle eût été soumise à l'action d'un courant d'air ordinaire (1). Les observations de Saussure, en confirmant en tout point celles de ses devanciers, y ajoutèrent la connaissance

(1) Percival, *Mémoires de Manchester*, t. II.

de ce fait important, savoir : que pour agir utilement sur les végétaux, le gaz acide carbonique doit se trouver mélangé d'oxygène.

Sous une cloche de verre fermée par du mercure sur lequel surnageait une couche d'eau très-mince, Saussure enferma trois jeunes plants de pois; l'atmosphère de la cloche avait un volume de 990 centimètres cubes, dont les plantes déplaçaient environ les quatre centièmes. L'atmosphère était composée d'air pris dans l'atmosphère et d'acide carbonique, mêlés en diverses proportions.

Les expériences furent faites successivement au soleil et à l'ombre. Au soleil, les appareils recevaient chaque jour l'action directe de la lumière pendant cinq ou six heures; on prenait toutefois la précaution d'affaiblir cette action lorsqu'elle était trop intense. A la lumière solaire, les plantes ont vécu pendant plusieurs jours dans une atmosphère formée de parties égales d'air et de gaz acide carbonique, ensuite elles se sont flétries. Elles ont succombé beaucoup plus promptement dans des atmosphères qui contenaient les deux tiers, les trois quarts, et à plus forte raison la totalité de leur volume en gaz acide. Les jeunes plants ont prospéré lorsque leur atmosphère ne tenait qu'un onzième d'acide carbonique; dans cette circonstance, leur végétation était évidemment plus vigoureuse que dans l'air atmosphérique pur; et à la fin d'une expérience qui s'est prolongée durant dix jours, la presque totalité du gaz acide se trouva changée en oxygène; les pois en avaient assimilé le carbone.

La plus petite proportion d'acide carbonique ajoutée à l'air des plantes exposées à l'ombre, a été nuisible ; les jeunes pois n'ont vécu que six jours dans l'atmosphère qui en renfermait le quart de son volume. A la vérité, les mêmes plants ont vécu dix jours, lorsque l'acide carbonique n'y entrait plus que pour un douzième ; mais, dans un semblable mélange, leur accroissement a été à peu près nul, et certainement inférieur à ce qu'il eût été dans l'air commun. Saussure conclut de ces expériences, que l'effet utile du gaz acide carbonique sur les parties vertes des végétaux ne se manifeste qu'en présence de l'oxygène, et qu'il cesse lorsque l'air atmosphérique en contient plus d'un douzième de son volume.

Dans le but de déterminer la proportion d'oxygène mise en liberté pendant la décomposition de l'acide carbonique par les végétaux, Saussure composa une atmosphère avec de l'air ordinaire et de l'acide carbonique : ce dernier gaz entrait pour 0,075 dans le mélange contenu sous une cloche d'une capacité de 5 lit.,746 et disposée sur le mercure, comme dans les expériences précédentes. Sept plantes de pervenche furent introduites dans l'appareil. Leurs racines plongeaient dans 15 centimètres cubes d'eau. On avait limité, autant que possible, cette quantité d'eau, afin que l'absorption du gaz acide carbonique fût assez petite pour être négligeable. La durée de l'expérience fut de six jours, pendant lesquels les plantes reçurent les rayons directs du soleil, depuis cinq heures jusqu'à onze heures. Le septième jour

les plantes furent retirées. Elles avaient conservé leur fraîcheur. Toutes corrections faites pour la température et la pression, le volume de l'atmosphère dans laquelle elles avaient séjourné, ne se trouva pas changé, à 20 centimètres cubes près : c'était l'erreur possible dans l'évaluation ; la composition avait subi des changements notables. L'acide carbonique avait disparu, et l'eudiomètre indiqua dans l'air de la cloche 0,24 d'oxygène, au lieu de 0,21 qui s'y trouvait primitivement (1).

RÉSUMÉ DE L'EXPÉRIENCE.

	c.c.		Azote.	Oxygène.	Acide carbonique.
Avant. Volume de l'atmosphère.....	5746,	contenant	4199	1146	431
Après. » » »	5746,	»	4338	1408	0
	0		+ 139	+ 292	— 431

Les pervenches ont donc fait disparaître 431 centimètres cubes d'acide carbonique, en émettant 292 centimètres cubes d'oxygène. Si la totalité de l'oxygène de l'acide eût été mise en liberté, ce volume aurait été précisément égal à celui de l'acide décomposé; mais puisqu'on n'a obtenu que 292 centimètres cubes d'oxygène, il faudrait en conclure que les pervenches ont fixé 139 centimètres cubes de ce gaz.

C'est à cette conclusion que Saussure s'est arrêté, et les expériences subséquentes ont, en effet, donné des résultats dans le même sens; voici un tableau qui résume cinq observations :

	c.c		c.c
Exp. 1re. Acide carbonique manquant.....	431.	Oxygène dégagé......	292
		Azote dégagé.........	139
			431

(1) Saussure, *Recherches chimiques, etc.*, p. 40.

	cc.		cc.
Exp. 2e. Acide carbonique manquant.....	309.	Oxygène dégagé......	224
		Azote dégagé.........	86
			310
Exp. 3e. Acide carbonique manquant.....	142.	Oxygène dégagé......	121
		Azote dégagé.........	21
			142
Exp. 4e. Acide carbonique manquant.....	306.	Oxygène dégagé......	246
		Azote dégagé.........	20
			266
Exp. 5e. Acide carbonique manquant.....	184.	Oxygène dégagé......	126
		Azote dégagé.......	57
			183

Une remarque qu'on ne peut s'empêcher de faire, en consultant ce tableau, c'est que dans la plupart des cas, l'azote dégagé représente presque exactement le volume d'oxygène qu'il serait nécessaire d'ajouter pour que l'oxygène recueilli représentât la totalité de celui qui faisait partie de l'acide carbonique décomposé. Il peut paraître vraisemblable que l'azote en excès qui est apparu dans toutes les expériences, existait, en grande partie, dans l'air contenu et condensé dans les interstices des plantes, ou bien en dissolution dans l'eau qui baignait leurs racines. On lui attribuerait difficilement une autre origine : celle, par exemple, d'une altération dans les principes azotés des végétaux soumis à l'observation. En effet, dans la première expérience, de Saussure fixe à 2 gr.,7 le poids de la matière sèche des sept pervenches ; or, d'après les nombreuses déterminations d'azote que j'ai eu l'occasion de faire sur des plantes d'âges et d'espèces très-différents, je crois pouvoir assurer que ces pervenches, supposées sèches, ne contenaient pas au delà de 0 gr.,025 d'azote ; ce serait pour le poids adopté par Saussure 0 gr.,0675 d'azote ou 53 centimè-

tres cubes ; et le volume de l'azote dégagé, dans cette première expérience, a été de 139 centimètres cubes. Il convient encore de faire observer que l'état de santé que présentaient ces plantes à l'issue des observations, ne permet pas de supposer une décomposition de la totalité des matières azotées qui entraient dans leur organisation : ces différents motifs tendraient à faire penser que l'azote recueilli en excès aurait été déplacé par de l'oxygène (1). On pourrait donc présumer, d'après les expériences que nous avons discutées, que le volume d'oxygène produit représente probablement le volume d'acide carbonique décomposé.

La nécessité de l'intervention du gaz oxygène dans l'action décomposante que les plantes exposées à la lumière exercent d'une manière si énergique sur l'acide carbonique, nous conduit à étudier isolément les phénomènes que l'oxygène peut présenter avec les plantes.

Quand on place pendant la nuit des feuilles saines et fraîchement cueillies, sous une cloche remplie d'air atmosphérique, elles condensent une partie de l'oxygène. Le volume de l'air diminue, et il se forme une certaine quantité de gaz acide carbonique libre, généralement inférieure au volume de l'oxygène qui a disparu. Si maintenant l'on expose à la lumière

(1) Des expériences nombreuses, que j'ai faites dans ces derniers temps, m'ont convaincu que l'azote, qui apparaît dans cette circonstance, est dû à une cause purement accidentelle.

solaire, dans la même cloche, les feuilles qui ont absorbé cet oxygène pendant leur séjour dans l'obscurité, elles le restituent à peu près en quantité égale, de sorte que toutes corrections faites, l'atmosphère revient à sa composition et à son volume primitifs.

En général, les feuilles se comportent de la même manière lorsqu'on les fait séjourner alternativement dans l'obscurité et à la lumière du jour. Il y a cependant une variation assez sensible dans l'intensité avec laquelle le phénomène se produit, selon la nature des feuilles. La quantité d'acide carbonique formée pendant la nuit, est d'autant moindre, que les feuilles sont plus charnues, plus épaisses et partant plus aqueuses. La matière verte des plantes grasses, celle du cactus opuntia, pour citer un exemple, ne produit pas sensiblement de gaz acide carbonique dans une atmosphère limitée et obscure; mais ces feuilles condensent le gaz oxygène et le laissent dégager comme celles qui sont moins charnues, lorsque, après être demeurées dans l'obscurité, elles viennent à être éclairées par la lumière solaire.

Saussure a donné à ces deux effets alternatifs le nom d'inspiration et d'expiration des plantes, à cause de l'analogie, d'ailleurs assez éloignée, que ce phénomène présente avec celui de la respiration des animaux.

L'inspiration des feuilles a une limite. En prolongeant leur séjour dans l'obscurité, l'absorption se ralentit de plus en plus; elle cesse entièrement quand les feuilles ont condensé à peu près leur propre vo-

lume de gaz oxygène. Et qu'on ne croie pas que l'inspiration nocturne des feuilles soit la conséquence d'une action mécanique, comparable, par exemple, à celle exercée par les corps poreux sur les gaz. La preuve, c'est que si on les place dans de l'acide carbonique, de l'azote ou de l'hydrogène, les mêmes effets ne se manifestent plus. Dans de telles conditions, la diminution du volume de l'atmosphère qui entoure la plante n'est plus perceptible. La cause première de l'inspiration du gaz oxygène par les feuilles est donc évidemment une action chimique.

Les faits qui viennent d'être exposés rendent très-vraisemblable que, durant l'inspiration nocturne, l'acide carbonique se forme aux dépens du carbone contenu dans la feuille, et que cet acide est retenu en tout ou en partie, selon que le parenchyme est lui-même plus ou moins pourvu d'eau. Lorsqu'une plante reste en permanence dans un lieu obscur et à l'air libre, elle perd continuellement du carbone; l'oxygène exerce une action qui ne se termine qu'avec la mort du végétal: résultat contraire, en apparence, à ce qui se passe dans une atmosphère limitée. C'est qu'à l'air libre, les parties vertes ne peuvent jamais se saturer entièrement d'acide carbonique, parce qu'il se fait un échange continu de ce gaz avec la masse d'air environnante et incessamment renouvelée. C'est, pour ainsi dire, une combustion lente du carbone de la plante soustraite à l'influence réparatrice de la lumière.

L'oxygène de l'air agit aussi, bien que moins

énergiquement, sur les organes des plantes qui ne sont pas doués de la couleur verte.

Les racines enfouies dans le sol sont également soumises à l'action de ce gaz. On sait d'ailleurs que, pour fonctionner, elles exigent que la terre soit meuble et perméable, comme l'indiquent assez les labours répétés et les diverses façons que l'on donne au sol pour favoriser l'accès de l'air. Les racines qui pénètrent à une grande profondeur, comme celles de certains arbres, montrent la même exigence; et l'eau venant de l'extérieur, en imbibant le terrain, leur porte l'oxygène dont elles ont besoin pour se développer. Déjà, très-anciennement, Hales a fait voir que l'air qui occupe les interstices de la terre végétale contient encore une assez forte proportion d'oxygène. Les racines sont d'ailleurs d'autant plus fortes qu'elles se trouvent plus rapprochées de la surface. Sous les tropiques, on observe chez un grand nombre d'arbres des racines rampantes qui atteignent souvent une grosseur peu différente de celle du tronc.

Si l'on introduit sous une cloche pleine de gaz oxygène une racine détachée de sa tige, le volume du gaz diminue, il se forme de l'acide carbonique dont une partie seulement se mêle au gaz du récipient, l'acide étant retenu par l'humidité de la racine. Le volume du gaz retenu est toujours inférieur à celui de la racine, quelle que soit la durée de l'expérience. Dans cette circonstance, à l'ombre ou à la lumière, les racines se comportent exactement comme les feuilles, qui végètent dans l'obscurité; celles qui

sont munies de leurs tiges donnent des résultats un peu différents.

Lorsqu'on dispose l'expérience de telle sorte que la tige et les feuilles soient à l'air libre, les racines placées dans une atmosphère limitée d'oxygène absorbent alors plusieurs fois leur volume de ce gaz. C'est que le gaz acide carbonique produit et absorbé est porté dans tout le système de la plante, où il est élaboré par les feuilles, si l'appareil reçoit la lumière solaire, ou simplement expulsé, si la plante se trouve dans l'obscurité.

La présence de l'oxygène dans l'atmosphère qui entoure les racines n'est pas seulement favorable, elle est indispensable à l'exercice de leurs fonctions. Une plante dont la tige et les feuilles végètent dans l'air périt promptement, lorsque les racines sont en contact avec du gaz acide carbonique pur, du gaz hydrogène ou du gaz azote. L'utilité de l'oxygène dans la végétation des parties souterraines des plantes explique pourquoi les végétaux annuels, à racines très-développées, demandent, pour que leur culture devienne avantageuse, une terre meuble et légère. On comprend aussi comment il arrive que les arbres meurent quand leurs racines sont submergées dans une eau stagnante, et pourquoi l'effet de la submersion est généralement moins nuisible, lorsqu'elles plongent dans une eau courante qui est toujours plus aérée.

Les parties ligneuses, les fruits, et en général les organes végétaux qui ne prennent pas la couleur



verte, se comportent avec l'oxygène comme les racines : elles se bornent à changer ce gaz en acide carbonique, qui est ensuite transporté dans l'ensemble du végétal pour être décomposé par les parties vertes. On peut voir dans ce genre d'action un déplacement, une translation du carbone des régions inférieures vers les régions supérieures des plantes.

La décomposition de l'acide carbonique par les plantes une fois admise, il reste encore à examiner si, dans les phénomènes de la végétation, les feuilles décomposent directement l'acide carbonique qui fait partie de l'atmosphère, ou si le gaz acide, dissous d'abord dans l'eau qui imbibe le sol, est ensuite conduit par voie d'absorption dans les organes du végétal. La proportion d'acide carbonique contenu dans liair est tellement minime, l'accroissement des végétaux est souvent si rapide, que l'on pourrait raisonnablement soupçonner que le carbone est introduit par cette dernière voie dans leur organisme. Dans les belles expériences où de Saussure a soumis des plantes à l'influence d'atmosphères plus ou moins chargées d'acide carbonique, l'eau dans laquelle plongeaient les racines était en contact avec les gaz. Il pouvait donc arriver que le gaz acide fût introduit dans les végétaux par voie de dissolution.

Sennebier fit une expérience pour prouver que les feuilles décomposent à la fois le gaz acide carbonique qui est en contact avec elles, et celui qui est dissous dans l'eau absorbée par leur tissu ligneux. Il prit deux branches de pêcher qui furent introduites

sous deux cloches séparées, mais remplies avec la même eau (1). L'extrémité inférieure de chaque branche plongeait dans un flacon. Dans l'un des flacons, on avait mis de l'eau chargée d'acide carbonique; l'autre contenait de l'air. Les deux appareils furent exposés à la lumière. Les feuilles de la branche qui plongeait par sa base dans la dissolution d'acide carbonique, dégagèrent, sous la cloche qui la recouvrait, 253 centimètres cubes de gaz oxygène. Dans le même temps les feuilles de l'autre branche n'en produisirent que 133 centimètres cubes.

Cette expérience n'établit peut-être pas suffisamment la décomposition de l'acide carbonique gazeux, tel qu'il se rencontre dans l'atmosphère, disséminé dans une grande masse d'air. Il paraît néanmoins que les feuilles qui flottent dans l'air sont aptes à décomposer l'acide carbonique gazeux qui s'y trouve, et cela avec une rapidité surprenante.

Dans l'été de 1840, j'ai fait pénétrer, dans un ballon de quinze litres de capacité et muni de trois tubulures, un rameau d'une vigne en pleine végétation. La branche introduite portait une vingtaine de feuilles.

La partie ligneuse de la branche était fixée, au moyen d'un manchon en caoutchouc, à l'orifice inférieur du ballon. Par la tubulure supérieure entrait un tube effilé, destiné à faire communiquer l'intérieur du vase avec l'air extérieur.

(1) De l'eau commune renfermant de l'acide carbonique.

La tubulure latérale communiquait, à l'aide d'un tube, à un appareil propre à doser avec une grande exactitude l'acide carbonique de l'atmosphère.

Dans l'expérience dont il s'agit, l'air, avant d'arriver dans l'appareil, passait d'abord dans le grand ballon où vivait le rameau de vigne. La vitesse de l'air, déterminée par celle de l'écoulement d'un aspirateur rempli d'eau, était de douze litres par heure.

Les feuilles étaient exposées au soleil : l'expérience commençait à onze heures et finissait à trois heures.

Dans une observation on trouva, toutes corrections faites, dans l'air atmosphérique qui avait traversé le ballon, un volume 0,0002 de gaz acide carbonique; au même moment, l'air pris dans la cour où l'appareil fonctionnait, en contenait 0,00045.

Dans une autre expérience, l'air, après avoir passé sur les feuilles, renfermait 0,0001 de gaz acide carbonique. L'air de la cour en contenait alors 0,0004. Ainsi, en traversant l'espace où vivait la branche éclairée par la lumière du soleil, l'air se dépouillait des trois quarts de son acide carbonique.

En faisant fonctionner le même appareil pendant la nuit, on obtint des résultats inverses; l'air, en traversant le ballon, contenait généralement une quantité d'acide carbonique double de celle que renfermait au même instant l'atmosphère. Dans mon opinion, c'est par une semblable méthode que l'on devrait étudier sur les plantes vivantes attenant encore au sol, les phénomènes généraux de la respiration végétale.

Les expériences que je viens de rapporter établissent donc, que réellement les feuilles s'assimilent le carbone qui se rencontre dans notre atmosphère à l'état de gaz acide carbonique. Elles expliquent ce fait bien connu des cultivateurs : que les plantes font plus de progrès dans un air agité et fréquemment renouvelé que dans une atmosphère calme.

Le système feuillu acquiert d'ailleurs un si grand développement, que l'on comprend comment les plantes soutirent de l'atmosphère de très-fortes quantités de carbone, bien que l'air ne renferme, pour ainsi dire, que des traces de gaz acide carbonique. On peut juger de l'étendue des parties vertes présentée par les cultures, d'après les résultats obtenus en mesurant avec soin la surface des feuilles et des tiges du topinambour, du froment, de la pomme de terre et des betteraves. Voici, rapportés à un hectare, les résultats auxquels je suis arrivé.

		Mètres carrés.
Topinambour : surface des feuilles en septembre............	136000	142410
des tiges vertes (hauteur, 2 à 3 métr.).	6410	
Froment, en fleur, 195 plants, par mètre carré, les parties d'un plant, tige et feuilles, 1 m. 82 déc. carrés..........		35490
Pomme de terre, en fleur, les plants espacés à 6 décimètres :		
Surface des feuilles......................	366 10	39641
des tiges vertes..................	30 31	
Betterave champêtre dans un terrain très-riche, premiers jours d'octobre ; plants espacés à 6 décimètres........(1).		49921

D'après ce que nous avons vu jusqu'à présent, nous sommes donc autorisé à croire que la plus grande partie, sinon la totalité du carbone qui entre dans la constitution des organes des plantes, dérive

(1) On a doublé la surface trouvée par le calcul, par la raison que la feuille agit sur l'atmosphère par ses deux côtés.

de l'acide carbonique atmosphérique. L'ensemble des faits observés montre comment la force vitale s'exerce d'abord sur l'oxygène pendant la germination, et ensuite sur l'acide carbonique pendant la végétation proprement dite; mais, dans les recherches que nous avons citées, rien n'a pu nous faire soupçonner que l'azote de l'atmosphère fût absorbé en quantité sensible.

Il est vrai qu'à une époque déjà ancienne, Priestley, et après lui Ingen-Housz, crurent reconnaître une absorption manifeste d'azote pendant la végétation des plantes placées dans une atmosphère limitée. Toutefois, des expériences entreprises, depuis, par de Saussure n'ont point confirmé cette fixation de l'azote. Cet habile observateur crut même apercevoir une légère exhalation de ce gaz.

Cependant la présence de l'azote dans les végétaux étant à l'abri de toute objection, et l'assimilation de ce principe pendant la végétation étant en quelque sorte prouvée par le fait de la multiplication des semences, on fut conduit à admettre que l'azote est originaire du sol. En effet, dans la nature, l'accroissement d'une plante n'a pas lieu aux dépens seuls de l'eau et de l'atmosphère. Les racines qui fixent un végétal dans la terre y trouvent aussi des éléments nutritifs. Dans les conditions ordinaires, l'accroissement d'une plante se fait par le concours simultané des aliments que les racines vont chercher dans le sol, et par celui des principes gazeux que les feuilles enlèvent à l'air. Comme il est d'ailleurs re-

connu que la nourriture fournie par le sol est le plus souvent azotée, on a, pour cette dernière raison, considéré les engrais comme la source principale, unique même, de l'azote qui se rencontre dans les végétaux. Les observations d'Hermbstœdt, en montrant que les céréales cultivées sous l'influence des engrais les plus azotés, sont celles qui contiennent le plus de gluten, donnaient une certaine force à cette manière de voir. Néanmoins, il est des faits agricoles bien constatés, qui tendent à faire penser que, dans nombre de circonstances, les végétaux trouvent dans l'atmosphère une partie de l'azote nécessaire à leur organisation.

Les cultures épuisent généralement la terre, mais il en est aussi qui la rendent plus féconde. Nous verrons, en traitant des assolements, que si, après avoir fait une coupe de trèfle, on enfouit la dernière pousse, on communique au champ une fertilité nouvelle, bien qu'on ait prélevé une masse considérable de fourrage. Il paraît alors évident qu'en laissant dans le sol les racines de trèfle, on lui rend une quantité de matière organique telle, que, tout compte fait, il reçoit réellement plus de l'atmosphère qu'il n'a fourni à la plante récoltée.

Suivant les expériences des physiologistes les plus modernes, les plantes se bornent à enlever du carbone à l'air et à s'approprier les éléments de l'eau. Cependant, d'après les idées que nous nous formons aujourd'hui sur le principe efficace des engrais, on conçoit difficilement que le sol, en recevant seule-

ment de la matière non azotée, puisse acquérir le degré de fécondité que lui communique la culture des plantes dites améliorantes, fécondité qui perme de faire suivre cette culture de récoltes abondantes, riches en principes animalisés.

Il y a donc lieu de croire que l'*enfouissement en vert*, les jachères, ne se bornent pas à introduire uniquement dans le sol, du carbone, de l'oxygène et de l'hydrogène, mais bien encore de l'azote. Et il faut de toute nécessité qu'il en soit ainsi, pour que la fertilité des terres puisse se maintenir dans un domaine agricole qui, par sa position, ne peut pas se procurer des engrais du dehors. Prenons pour exemple un établissement tout formé, dans lequel on se livre à la culture des céréales et à la propagation du bétail. Chaque année on exporte du froment, de la chair, du laitage. Ainsi, il y aura exportation continue de matière azotée, sans qu'il y ait une importation appréciable de la même matière. Cependant le sol maintient sa fertilité ; ses pertes sont réparées par les principes qui passent, par l'effet d'une culture raisonnée, de l'atmosphère dans la terre, et, au nombre de ces principes fertilisants, il est de la dernière évidence que l'azote doit se rencontrer, pour remplacer celui qui fait partie des produits marchands sortis du domaine.

Les faits agricoles les mieux établis s'accordent donc pour faire croire que, durant la culture, l'azote se trouve au nombre des éléments fixés dans les plantes. Néanmoins, comme cette fixation de l'azote

n'avait pas été constatée par les recherches des physiologistes, on devait considérer cette question comme encore indécise. C'est dans l'espoir de la résoudre, que j'ai entrepris les expériences dont je vais exposer les principaux résultats (1).

J'ai dû suivre nécessairement une méthode entièrement distincte de toutes celles qui avaient été pratiquées ; je n'avais aucune chance d'arriver à des résultats plus décisifs que ceux que l'on possédait déjà, si j'eusse fait usage des mêmes moyens d'observation. J'ai employé l'analyse, afin de pouvoir comparer la composition des semences, à la composition des récoltes obtenues aux dépens seuls de l'eau et de l'air. C'est par ce mode d'expérimentation que je juge le problème susceptible de solution, sans toutefois me flatter de l'avoir complétement résolu. La question est d'ailleurs des plus délicates et commande l'indulgence.

J'ai pris comme sol, de l'argile cuite ou du sable siliceux privés de matière organique par une calcination convenable. Dans ce sol humecté avec de l'eau distillée, on déposait les semences dont le poids était connu. Par une suite d'essais préliminaires, on déterminait l'humidité que des graines de même espèce, de même origine, et prises au même moment, perdaient par une dessiccation commencée à l'étuve, et terminée au bain d'huile à 110°. Les vases en porce-

(1) Boussingault, *Annales de chimie et de physique*, t. LXVII, p. 5, 2e série, année 1838.

laine dans lesquels se trouvait le sable ensemencé, étaient déposés dans un pavillon vitré, situé à l'extrémité d'un grand jardin. Durant tout le temps de la culture, les fenêtres restaient hermétiquement fermées, mais leur hauteur et leur exposition permettaient que le soleil éclairât la pièce pendant toute la durée du jour. Pour enlever les récoltes, on desséchait les vases à une douce chaleur. Les racines des plantes sortaient aisément; et pour les débarrasser entièrement du sable adhérent, on les agitait dans de l'eau distillée, sans jamais les froisser, de crainte de perdre une partie de leurs sucs. Il était même préférable d'y laisser un peu de sable. La plante récoltée était séchée à l'étuve de manière à pouvoir être broyée; la dessiccation complète s'achevait au bain d'huile, dans le vide.

En déterminant par la combustion le poids des cendres, on connaissait celui de la récolte, privée de toute matière saline et terreuse.

L'analyse élémentaire faisait connaître ensuite la composition de la récolte : il ne s'agissait plus que de la comparer à la composition des graines, pour savoir la proportion et la nature des éléments qui avaient été assimilés durant la végétation.

EXPÉRIENCE PREMIÈRE.

Culture du trèfle rouge pendant trois mois.

Dans les premiers jours d'août, on a semé une quantité de graines qui, sèches et privées de substances salines et terreuses, auraient pesé 1gr,586. La

récolte a présenté une assez belle apparence ; le trèfle avait huit à neuf centimètres de hauteur. Les feuilles les plus grandes pouvaient être inscrites dans un cercle de cinq centimètres de diamètre. La longueur des racines a varié de six à onze centimètres. Desséchée et broyée, la plante avait une couleur vert foncé.

La plante récoltée, séchée et supposée privée de cendres, pesait. . . . . 4^{gr},106

L'analyse a indiqué dans :

	La graine de trèfle.	La plante récoltée.
Carbone.....	50,8	50,7
Hydrogène...	6,0	6,6
Azote.......	7,2	3,8
Oxygène.....	36,0	38,9
	100,0	100,0

RÉSUMÉ.

		Carbone.	Hydrog.	Oxygène.	Azole.
1,586	graines, contenant d'après l'analyse....	0,806	0,095	0,571	0,114
4,106	récolte » » »	2,082	0,271	1,597	0,156
2,520 =	gain pendant la culture............	+ 1,276	+ 0,176	+ 1,026	+ 0,042

Ainsi, pendant une culture de trois mois, la matière élémentaire de la graine a presque doublé, et l'azote de la plante récoltée représente un excès de 0$^{gr.}$,042 sur l'azote de la graine semée.

EXPÉRIENCE DEUXIÈME.

Culture des pois (1).

Cinq graines, ayant chacune le même poids à

(1) Boussingault, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXIX, p. 353, 2e série.

$0^{gr},002$ près, et pesant ensemble $1^{gr},211$, ont été plantées le 9 mai, dans de l'argile cuite, en poudre, et récemment calcinée.

Le 16 juillet, les plantes commencèrent à fleurir. Chaque semence a fourni une tige portant une fleur.

Le 15 août, les gousses étaient parfaitement mûres. Les tiges avaient alors 1^{m} à $1^{m},2$ de hauteur; les feuilles étaient plus petites que celles des mêmes pois venus dans un sol fumé. La longueur des gousses atteignait 35 millimètres environ, sur une largeur moyenne de 11 millimètres. Quatre de ces gousses renfermaient chacune deux semences, la cinquième n'en présentait qu'une seule, mais beaucoup plus volumineuse que les autres.

Les neuf pois récoltés, séchés au soleil, ont pesé $1^{gr},674$; après une dessiccation à 110° dans le vide sec, ils pesaient $1^{gr},507$; à la combustion, ils laissaient 0,9 de cendres pour 100.

Les racines, les tiges, les gousses et les feuilles, séchées à 110°, ont pesé $3^{gr},314$. Ces matières donnaient 10,3 de cendres pour 100.

Par plusieurs essais, on a reconnu que des pois qui se trouvaient exactement dans la condition de ceux qui avaient été plantés, renfermaient 91,4 pour 100 de substance sèche, laissant par l'incinération 3,14 pour 100 de résidu. Les cinq pois plantés auraient pesé, supposés secs et exempts de cendres, $1^{gr},072$.

L'analyse a indiqué dans les :

	Pois semés.	Pois récoltés.	Fanes et racines.
Carbone......	48,0	54,9	52,8
Hydrogène....	6,4	6,8	6,2
Azote........	4,3	3,6	1,6
Oxygène......	41,3	34,7	39,4
	100,0	100,0	100,0

RÉSUMÉ.

	Carbone.	Hydrog.	Oxygène.	Azote.
Semences 1,072, contenant.............	0,515	0,069	0,442	0,046
Récolte 4,441, contenant (1)..........	2,376	0,284	1,680	0,101
3,369, gain dans la culture...	1,861	0,215	1,238	0,055

Il ressort de cette expérience, que 1gr,072 de semence ont trouvé dans l'air et l'eau 3,369 de matières élémentaires, en quatre-vingt-dix-neuf jours de culture, accomplis pendant les mois les plus chauds de l'année ; et que la quantité d'azote originairement contenu dans la graine, se trouve plus que doublée dans la plante parvenue à sa maturité.

EXPÉRIENCE TROISIÈME.

Culture du froment.

Quarante-six graines de froment ont été semées dans le sable calciné, au commencement du mois d'août. A la fin de septembre, les tiges avaient une hauteur de 36 à 38 centimètres. La plupart des feuilles inférieures étaient jaunes. Les racines avaient pris une extension considérable et formaient une espèce

(1) Récolte exempte de cendres a pesé :

Pois..................	1,468
Fanes et cosses.........	2,973
Poids total de la récolte.	4,441

de tissu, circonstance qui a rendu le lavage fort difficile.

RÉSULTAT DES ANALYSES.

	Semence.	Récolte.
Carbone......	46,6	48,2
Hydrogène....	5,8	5,8
Azote........	3,45	2,0
Oxygène......	44,15	44,0
	100,00	100,0

RÉSUMÉ.

		Carbone.	Hydrog.	Oxygène.	Azote.
La semence sèche pesait	1,644, contenant	0,767	0,093	0,723	0,057
La recolte sèche........	3,022, contenant	1,456	0,173	1,333	0,060
Gain dans la culture.....	1,378.	0,689	0,078	0,608	0,003

On voit qu'après trois mois de culture, le poids de la semence a pour ainsi dire doublé, mais l'analyse montre que le gain en azote a été à peine sensible. Cependant, l'expérience sur le froment a été conduite et faite exactement dans les mêmes circonstances que celle entreprise sur le trèfle. Les deux plantes ont végété dans le même appareil; elles ont été arrosées avec la même eau, et à très-peu près aux mêmes doses : on a même poussé l'égalité de conditions, jusqu'à semer les graines dans des vases présentant exactement des surfaces égales, afin que les deux cultures fussent exposées aux mêmes chances d'erreurs qui auraient pu provenir de l'intervention accidentelle des poussières de l'atmosphère.

Les plantes venues dans les circonstances où je les avais placées, étaient loin de présenter la vigueur qu'elles auraient acquise en pleine terre. Après trois

mois de végétation, le trèfle se trouvait beaucoup moins avancé que celui qui avait été semé comparativement dans un sol fumé et gypsé. Le froment offrait la même faiblesse, et dès le deuxième mois, je remarquai que chaque feuille qui se développait vers le haut de la tige, faisait souffrir et jaunir une des feuilles fixées à la partie inférieure. Les pois, bien que parvenus à la maturité, avaient des feuilles beaucoup plus petites, des graines moins nombreuses et moins volumineuses que la même plante récoltée dans la grande culture.

On sait que c'est en grande partie à la fécondité du terrain dans lequel lèvent les semences, qu'il faut attribuer la force et la vigueur des nouveaux plants. Schwertz a constaté, par exemple, que les jeunes colzas épuisent d'une manière surprenante le sol dans lequel on les élève pour les transplanter. L'influence salutaire de cette première nourriture puisée dans une terre fumée, doit s'étendre par la suite sur toutes les parties du végétal; et l'on comprend qu'une plante qui a langui dans sa première jeunesse, ne puisse plus acquérir une constitution parfaite. Par cette raison même, les fonctions qu'elle est appelée à exercer dans l'atmosphère, doivent s'en ressentir et s'exécuter avec beaucoup moins d'énergie.

Il devenait donc intéressant d'étendre les expériences rapportées précédemment à des plantes vigoureusement organisées, qui s'étaient développées dans un sol fertile.

EXPÉRIENCE QUATRIÈME.

Culture du trèfle développé.

Dans un champ de trèfle ensemencé au printemps de l'année précédente, on a choisi plusieurs plants aussi semblables que possible. La terre adhérente aux racines a été enlevée avec précaution par un lavage opéré sous un filet d'eau; les plants ont été essuyés avec du papier buvard, puis exposés à l'air pendant quelques heures.

Trois de ces plants conservés pour l'analyse, pesaient verts, 6^{gr},750.

Trois autres plants, pesant 6^{gr},820, ont été mis dans du sable récemment calciné et humecté avec de l'eau distillée. Le repiquage eut lieu le 28 mai, les plantes furent placées aussitôt à l'abri des poussières.

Dans les premiers jours, la végétation parut languir, mais bientôt après elle prit une vigueur remarquable. En un mois, le trèfle avait doublé en hauteur; les feuilles étaient du plus beau vert. La plante présentait une aussi belle apparence que le trèfle du même âge qui était resté dans les champs. Vers le 8 juillet, les fleurs commencèrent à se manifester; le 15, la floraison était parfaite : on mit fin à l'expérience le premier août.

RÉSULTAT DES ANALYSES.

	Avant la culture.	Après la culture.
Carbone.....	43,42	53,00
Hydrogène...	5,40	6,51
Azote........	3,75	2,45
Oxygène.....	47,43	38,14
	100,00	100,00

RÉSUMÉ.

Le trèfle transplanté eût pesé sec et privé de cendres..	0,884
Après 63 jours de culture en sol stérile il a pesé......	2,265
Gain pendant la culture......	1,381

		Carbone.	Hydrog.	Oxygène.	Azote.
La plante contenait :	avant la culture	0,384	0,048	0,419	0,033
	après la culture	1,200	0,145	0,863	0,056
	Différences....	0,816	0,097	0,444	0,023

Ainsi, en deux mois de végétation, aux dépens de l'air et de l'eau, le trèfle a, pour ainsi dire, triplé sa matière organique, et le poids de l'azote qui y était contenu a doublé, à peu de chose près.

EXPÉRIENCE CINQUIÈME.

Végétation de l'avoine.

On a constamment échoué en essayant de repiquer dans le sable stérile, des plants de froment pris dans la grande culture, ils n'ont jamais survécu à la transplantation. Il en fut de même avec l'avoine. On craignit d'abord d'avoir lésé les radicules, en lavant les racines pour les débarrasser de la terre végétale, mais on eut bientôt l'occasion de se convaincre du contraire ; car les mêmes plants prirent très-promptement, lorsqu'ils furent placés dans de la terre de jardin, ou bien encore, lorsqu'on faisait plonger leurs racines dans l'eau. C'est de cette manière qu'on a disposé l'expérience.

Le 20 juin, on enleva dans un champ plusieurs plants d'avoine; les racines furent lavées et essuyées.

Trois tiges conservées pour l'analyse, pesèrent 10^{gr},30.

Quatre tiges destinées à l'expérience pesaient 14^{gr},370. Elles furent placées à l'abri des poussières, et leurs racines plongées dans un vase contenant de l'eau distillée, qu'on entretint toujours à la même hauteur. A la mi-juillet, ces tiges avaient doublé de longueur. A cette époque, il eût été difficile de distinguer cette avoine de celle des champs. A la fin de juillet, les grappes étaient formées. Le 10 août, le grain était mûr; la plante fut desséchée à l'étuve, et on la réduisit en poudre pour achever la dessiccation à 110°.

RÉSULTAT DES ANALYSES DE LA PLANTE.

	Repiquée.	Récoltée.
Carbone.......	53,0	48,0
Hydrogène.....	6,8	6,2
Oxygène.......	36,4	44,1
Azote.........	3,8	1,7
	100,00	100,00

RÉSUMÉ.

	Carbooe.	Hydrog.	Oxygèoe.	Azote.
La plaote repiquée conteoait	0,827	0,106	0,568	0,059
Après 41 jours de végétatioo	1,500	0,193	1,372	0,053
Différeoces ..	+ 0,673	+ 0,087	+ 0,804	— 0,006

L'analyse signale une légère perte en azote.

En résumant les résultats obtenus dans ces recherches, on trouve :

1° Que le trèfle et les pois cultivés dans un sol absolument privé d'engrais, ont acquis, indépendamment du carbone, de l'hydrogène et de l'oxy-

gène, une quantité d'azote appréciable à l'analyse;

2° Que le froment et l'avoine, cultivés dans les mêmes conditions, ont également emprunté à l'air et à l'eau, du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène; mais qu'après la végétation de ces céréales, l'analyse n'a pu constater un gain en azote.

La méthode dont on a fait usage se borne à signaler le fait de l'assimilation de l'azote, sans préciser par quelle voie elle se réalise; et à cet égard, je ne puis présenter que des conjectures.

L'azote peut entrer dans l'organisme des plantes, directement, ou, à l'état de dissolution, dans l'eau toujours aérée qui est aspirée par les racines (1). Les observations des physiologistes ne sont pas favorables à cette opinion. Il est possible aussi que cet élément ait pour origine les vapeurs ammoniacales qui existent en quantité infiniment petite dans notre atmosphère. Ces vapeurs passeraient dans l'eau de pluie et de là dans les plantes, où elles seraient élaborées.

Saussure a admis depuis longtemps l'influence probable de ces vapeurs ammoniacales sur la végétation :

« Si l'azote est un être simple, s'il n'est pas un « élément de l'eau, écrivait, en 1802, ce célèbre obser- « vateur, on doit être forcé de reconnaître que les « plantes ne se l'assimilent que dans les extraits vé- « gétaux et animaux, et dans les vapeurs ammonia-

(1) Piobert, *Mémoires de l'Académie de Metz*, année 1837.

« cales ou d'autres composés solubles dans l'eau, « qu'elles peuvent absorber dans le sol et dans l'at- « mosphère. On ne peut douter de la présence des « vapeurs ammoniacales dans l'atmosphère, lorsqu'on « voit que le sulfate d'alumine pur finit par se chan- « ger en sulfate ammoniacal d'alumine (1). »

C'est à cette opinion que s'est particulièrement arrêté M. Liebig, relativement à l'origine de l'azote dans les végétaux, et il a cherché à la généraliser en montrant, par des expériences délicates, que l'air pris dans le voisinage du sol contient du carbonate d'ammoniaque, et qu'on retrouve le même sel volatil dans la pluie, la neige et les eaux de sources (2).

L'air contient, en effet, comme l'avait indiqué Saussure, du carbonate d'ammoniaque en très-faible proportion. Les recherches récentes ne laissent aucun doute à cet égard.

En 1845, à Mulhouse, M. Græger a trouvé, en poids 0,000000333 d'ammoniaque dans l'air.

M. G. Kemp, sur les côtes de la mer d'Irlande, en aurait trouvé une proportion dix fois plus forte 0,000003880.

Ces observations donneraient pour un million de kilogrammes d'air atmosphérique.

	Ammoniaque.	Carbonate d'ammoniaque.
D'après M. Græger.	333 gramm.	938 gramm.
M. Kemp.	3880	10370

(1) Saussure, *Recherches chimiques*, p. 207.

(2) M. Chevreul est, je crois, le premier qui ait signalé la présence du carbonate d'ammoniaque dans l'eau de rivière.

L'énorme différence présentée par ces deux résultats a engagé un habile analyste, M. R. Frésénius, dans de nouvelles recherches.

L'air examiné était pris sur une hauteur, à l'extrémité de la ville de Wiesbaden. Les expériences ont été continuées pendant qu .rante jours, en août et septembre 1848. Sur ces quarante journées, dix-sept ont été belles; il y a eu treize jours de temps couvert et dix jours pluvieux. M. Frésénius a suivi une méthode qui mettait à l'abri des erreurs qu'aurait occasionnées la présence de l'ammoniaque que pouvaient contenir les réactifs employés.

Voici les résultats obtenus à Wiesbaden :

L'air renfermait 0,000000134 d'ammoniaque.

Soit, dans un million de kilogrammes d'air,

Ammoniaque, 134 grammes; carbonate d'ammoniaque 378 grammes.

Il est extrêmement probable que les déterminations précédentes indiquent une trop forte proportion d'ammoniaque, car les différences sont si grandes qu'il devient difficile de les attribuer à une variation dans la composition de l'atmosphère. D'après le chiffre auquel est arrivé M. Frésénius, en prenant 52.636.230.000.000.000 de quintaux pour le poids de l'atmosphère, on trouve que, l'air qui enveloppe la terre ne contiendrait pas au delà de 41000 quintaux d'ammoniaque (1).

---

(1) Frésénius, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXVI, 3e série.

A la présence de l'ammoniaque dans l'air, qui doit avoir pour effet de porter des principes azotés dans les organes des végétaux, il convient d'ajouter une autre origine de cet alcali. C'est que, sous certaines influences, l'hydrogène, à l'état naissant, en contact avec de l'azote, peut réellement former de l'ammoniaque; dès 1789, Austin avait démontré qu'il y a formation d'alcali volatil pendant l'oxydation du fer dans l'air humide. On conçoit ainsi comment des matières organiques non azotées, par le seul fait de la fermentation putride, peuvent donner naissance à des sels ammoniacaux, qui exerceraient ensuite une action fertilisante sur le sol.

C'est ainsi que M. Mulder a constaté que les substances végétales non azotées peuvent, sous l'influence de l'eau et de l'atmosphère, condenser une certaine quantité d'azote et donner ensuite, par la distillation sèche, des produits ammoniacaux (1). De l'acide humique pur, préparé avec le sucre et l'acide hydrochlorique, ayant été enfermé humide dans un flacon dont l'air occupait les sept huitièmes de la capacité, l'acide humique, après un séjour de six mois, a laissé dégager, par l'action de la potasse, une grande quantité d'ammoniaque. M. Mulder a introduit dans des flacons des dissolutions de sucre de canne, de sucre de lait; les vases, parfaitement bouchés, renfermaient

(1) Mulder, *Journal für pr. Chemie*, t. XXXII.

un volume d'air égal à 7 fois celui des dissolutions. — Dans les deux flacons, au bout de trois mois, de nombreuses moisissures s'étaient développées. Soumises à la distillation, ces moisissures ont donné de l'ammoniaque en abondance (1).

Aussi la fixation de l'azote de l'atmosphère est-elle favorisée par la présence de certaines matières non azotées dans le sol, comme le montre une expérience due à M. Mulder. On a fait croître des haricots dans un sol composé de sable calciné, d'acide humique pur et de cendres de bois. La végétation a eu lieu dans des vases de verre; on arrosait avec de l'eau distillée, et toutes les précautions avaient été prises pour prévenir l'intervention de l'ammoniaque. Les haricots, qui pesaient 1gr.,465, ont donné une récolte, après dessiccation, de 14gr.,167. Dans cette récolte, il y avait donc trois fois autant d'azote que dans la semence (2).

Durant l'accroissement des plantes, une partie de l'eau absorbée par les racines est évidemment assimilée, et cette circonstance permet de concevoir la formation de plusieurs des principes immédiats des végétaux, dont la composition chimique est exactement représentée par du carbone et de l'eau : tels sont l'amidon, le sucre, etc. On comprend également la

(1) J'ai fait, il y a quelques années, une observation du même genre; je n'ai pas publié ce résultat, parce que j'avais négligé de constater l'absence de l'azote dans le glucose qui avait servi à mon expérience.

(2) Berzélius, *Rapport annuel*, cinquième année.

présence des principes qui ont en outre une certaine proportion d'oxygène en excès; mais il est des matières élaborées par les plantes, qui renferment, par rapport à l'oxygène, une quantité d'hydrogène de beaucoup supérieure à celle qui est nécessaire pour constituer de l'eau. Tels sont les résines, les carbures d'hydrogène dans les conifères, les huiles grasses dans les graines oléagineuses. Cet hydrogène en excès a fait présumer à plusieurs physiologistes que, dans la végétation, l'eau se décompose, qu'il y a fixation d'hydrogène et dégagement de gaz oxygène.

Toutefois, la présence de l'hydrogène en excès, dans certains principes immédiats, n'est pas une preuve décisive de la séparation des éléments de l'eau; et si l'on n'a pas jusqu'à présent tiré une conclusion définitive à cet égard, c'est tout naturellement parce que ces mêmes principes hydrogénés prennent naissance dans des plantes vivant sous l'influence de matières organiques d'une composition toujours complexe, souvent très-hydrogénées, qui se rencontrent dans le sol où elles fonctionnent comme engrais.

Les expériences de de Saussure ne font point soupçonner la décomposition de l'eau, puisqu'en faisant vivre des plantes pendant un mois entier, sous des récipients remplis d'air atmosphérique privé d'acide carbonique, on n'a pas observé une production apparente d'oxygène. Opérant de la même manière, avec de l'air contenant une certaine proportion de gaz acide, la quantité d'oxygène dégagé a souvent

été inférieure à celle qui entrait dans la constitution de l'acide décomposé.

C'est ici le lieu de faire observer, en s'appuyant sur ces expériences mêmes, combien cette décomposition partielle du gaz acide carbonique qui ne répond à aucune proportion définie, paraît peu satisfaisante. On concevrait déjà, avec bien de la difficulté, que, dans la vie végétale, cet acide fût réduit en totalité, c'est-à-dire que son carbone fût entièrement assimilé à la plante. La séparation complète d'un corps aussi avide d'oxygène que l'est le carbone, de son composé le plus oxygéné, a droit d'étonner au plus haut degré.

L'idée la plus simple que suggèrent les faits est que, par l'action de la lumière solaire, et sous l'influence de la matière verte, l'acide carbonique est transformé en oxyde de carbone, en perdant une proportion d'oxygène. Cette modification semble plus conforme aux principes de la science. Néanmoins, il faut le reconnaître, les observations s'accordent aussi peu avec cette prévision qu'avec celle qui conçoit la décomposition totale de l'acide. Dans la première supposition, la proportion d'oxygène mise en liberté se trouve trop faible; dans la seconde, elle est trop forte.

Les résultats négatifs obtenus par de Saussure, relativement à la séparation des éléments de l'eau pendant la végétation, l'ont été en l'absence du gaz acide carbonique; tandis que les expériences établissant la décomposition de ce dernier gaz, ont né-

cessairement été faites sous l'influence de l'humidité. Il est possible alors que l'eau et l'acide carbonique se décomposent simultanément ; et, sous ce point de vue, il peut être intéressant d'examiner si l'hypothèse de la transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone, n'acquerrait point un certain degré de probabilité, en faisant intervenir la décomposition de l'eau dans les phénomènes observés.

Un volume de gaz oxyde de carbone prend un demi-volume de gaz oxygène pour former un volume d'acide carbonique. Réciproquement, un volume de gaz acide carbonique, en se transformant en oxyde de carbone, donnera un volume d'oxyde + 1/2 vol. de gaz oxygène.

Ainsi, dans l'hypothèse que nous discutons, pour chaque volume d'acide modifié durant la végétation, il se dégagerait un demi-volume de gaz oxygène. L'oxygène qui excéderait ce demi-volume devrait être considéré comme provenant de l'eau décomposée, dont l'hydrogène aurait été assimilé par la plante, en même temps que l'oxyde de carbone dérivé de l'acide carbonique; vue qui permettrait de concevoir comment le volume d'oxygène qui se dégage de l'acide carbonique pendant la végétation, peut excéder le volume qui devrait se produire, si cet acide passe réellement à l'état d'oxyde de carbone.

Peut-être trouverons-nous une preuve plus convaincante de la séparation des éléments de l'eau, dans l'analyse des végétaux venus dans un sol abso-

lument privé de matière organique capable de leur communiquer les éléments hydrogénés.

En effet, si une plante développée dans une semblable condition contient de l'hydrogène dans une proportion plus forte que celle qui serait nécessaire pour transformer son oxygène en eau, nous devons en conclure, avec quelque certitude, que les éléments de l'eau ont été désunis, l'objection tirée de la présence des engrais disparaissant complétement. Les analyses que nous avons déjà fait connaitre peuvent servir à cet examen, en recherchant si, dans les éléments gagnés pendant la culture, l'hydrogène se trouve en excès par rapport à l'oxygène.

	Oxygène assimilé.	Hydrogène assimilé.	Hydrogène formant de l'eau.	Hydrogène excéd.
Exp. 1re. Trèfle.........	1,226	0.176	0,153	0,023
Exp. 2e. Pois...........	1,237	0,215	0,155	0,060
Exp. 3e. Froment......	0,608	0,078	0,076	0,002
Exp. 4e. Trèfle repiqué..	0,444	0,097	0,055	0,042
Exp. 5e. Avoine........	0,804	0,087	0,100	

Dans les quatre premières expériences, l'hydrogène acquis excède très-sensiblement la quantité exigée par l'oxygène pour constituer de l'eau. L'avoine présente une exception; mais on doit se rappeler que dans le résultat de cette culture, on a constaté une perte en azote. Ces résultats analytiques semblent donc indiquer que l'hydrogène peut être assimilé dans la végétation, par suite d'une décomposition de l'eau analogue à celle de l'acide carbonique, et produite très-probablement par les mêmes causes.

CHAPITRE TROISIÈME.

DES MATIÈRES MINÉRALES CONTENUES DANS LES PLANTES. — LEUR ORIGINE. — COMPOSITION DE LA SÈVE.

Lorsqu'on brûle une plante, il reste toujours un résidu désigné communément sous le nom de cendre. Toutes les parties d'un végétal donnent, en proportions d'ailleurs fort diverses, un semblable résidu. A poids égal et au même degré de dessiccation, les plantes herbacées laissent plus de cendres que les végétaux ligneux (1). Dans un arbre, le tronc en donne plus que les branches, et ces dernières moins que les feuilles (2). Le résidu laissé par la combustion est composé de sels alcalins à bases de potasse et de soude, de phosphates terreux et métalliques, de chaux et de magnésie caustique ou carbonatée, de silice, d'oxydes de fer et de manganèse; on y rencontre encore plusieurs autres matières, mais en quantité assez minime pour pouvoir être négligées.

Les principes qui se rencontrent le plus fréquemment dans les cendres des végétaux se retrouvent constamment dans le terreau. Le sol exerce la plus

(1) Kirwan, *Mémoires sur les engrais; Mémoires de la Société d'Irlande*, t. V, p. 129.

(2) Pertuis, *Annales de Chimie*, 1re série, t. XIX.

grande influence sur la nature et la quantité des matières salines et terreuses qui restent après la combustion des plantes. Celles qui croissent sur un terrain dérivé de roches siliceuses donnent des cendres plus riches en silice que celles qui se sont développées dans un terrain calcaire. Mais, selon de Saussure, la qualité de l'engrais influe d'une manière encore plus prononcée que la constitution géologique du sol. D'après cet observateur, des plantes de même espèce, venues sur du sable calcaire et sur du sable granitique, si elles ont été amendées avec le même fumier, contiennent des cendres semblables; et les espèces différentes, bien que cultivées dans la même terre, ne renferment pas les principes de leurs cendres, dans le même rapport (1).

(1) Saussure, *Recherches chimiques, etc.*, p. 283.

QUANTITÉ DE CENDRES

CONTENUES DANS LES DIFFÉRENTES PARTIES DES VÉGÉTAUX, SELON TH. DE SAUSSURE (1).

NOMS DES PLANTES.	ÉPOQUES DE LEUR RÉCOLTE.	CENDRES DANS LA PLANTE SÈCHE.
Feuilles de chêne...............	10 mai	0,053
Feuilles de chêne...............	27 septembre	0,055
Branches de chêne écorcées.......	10 mai	0,004
Écorces des mêmes branches.......	....	0,060
Bois de chêne séparé de l'aubier...	....	0,002
Aubier du même bois............	....	0,004
Ecorces du même bois	....	0,060
Liber de l'écorce précédente......	....	0,073
Feuilles de peuplier.............	mai	0,066
Feuilles de peuplier.............	septembre	0,093
Tronc de peuplier, sans écorce. ...	....	0,008
Ecorce du tronc de peuplier.......	....	0,072
Bois de mûrier d'Espagne........	....	0,007
Aubier du mûrier..............	....	0,013
Ecorce du mûrier..............	....	0,089
Liber de l'écorce précédente......	....	0,088
Feuilles de marronnier...........	10 mai	0,072
Feuilles de marronnier...........	23 juillet	0,084
Fleurs de marronnier............	10 mai	0,071
Marrons en maturité............	5 octobre	0,034
Pois en fleurs................	....	0,095
Les mêmes portant graines.......	....	0,081
Fèves en fleurs.................	....	0,122
Plante de fèves portant graines....	....	0,066
Plante de fèves séparée des semences.	....	0,115
Semences de fèves.............	....	0,033
Tournesol en fleur.............	....	0,137
Tournesol portant graines........	....	0,093
Paille de froment...............	....	0,043
Graines de froment.............	....	0,013
Son........................	....	0,052
Tiges de maïs, séparées des graines.	....	0,084
Graines de maïs...............	....	0,010
Paille d'orge..................	....	0,042
Graines d'orge.................	....	0,018
Graines d'avoine..............	....	0,031
Feuilles de pin du Jura......	20 juin	0,029
Idem du Brocken..............	20 juin	0,029
Branches de pin, dépouillées de feuilles.....................	20 juin	0,015

(1) Saussure, *Recherches chimiques sur la végétation.*

Toutes ces évaluations de cendres se rapportent à des plantes desséchées pendant quelques semaines dans une étuve chauffée à 25° cent. Par une semblable dessiccation, les plantes sont loin de perdre toute l'eau qu'elles peuvent contenir. Les quantités de cendres indiquées par de Saussure sont donc un peu trop faibles, si on les rapporte aux végétaux secs.

Je présenterai quelques déterminations de cendres, que j'ai eu l'occasion de faire sur les plantes qui entrent le plus communément dans nos cultures. La dessiccation a toujours été exécutée avec soin, dans un bain d'huilee chauffé à 110° centigrades (1).

SUBSTANCE DESSÉCHÉE A 110 CENTIGR.	CENDRES CONTENUES.
Paille de froment	0,070
Graines de froment	0,024
Paille de seigle	0,036
Graines de seigle	0,023
Paille d'avoine	0,051
Graines d'avoine	0,040
Pommes de terre	0,040
Betterave champêtre	0,063
Navets	0,076
Topinambours	0,060
Tiges ligneuses de topinambours	0,028
Pois jaunes	0,031
Paille de pois	0,113
Foin de trèfle rouge	0,077
Foin de prairie	0,090
Regain de foin de prairie	0,100

Nous devons à M. Berthier les résultats suivants

(1) Boussingault, *Annales de Chimie et de Phys.*, t. I, page 234, 3e série.

sur l'incinération de différents bois brûlés dans l'état où on les emploie (1).

DÉSIGNATION DES BOIS.	CENDRES.
Sapin	0,0083
Bouleau	0,0100
Faux ébénier	0,0125
Noisetier	0,0157
Mûrier blanc	0,0160
Sainte-Lucie	0,0160
Sureau à grappes	0,0164
Arbre de Judée	0,0170
Branches de chêne	0,0250
Ecorces de chêne	0,0600
Tilleul	0,0500
Peuplier, Erable, Bourdenne, Liége	0,0020
Buis	0,0036
Chêne écorcé, Fusain, Frêne, Aune, Sapin, Pin, Noisetier, Bouleau	0,0040
Épine	0,0050
Tremble	0,0060
Ecorce de chêne	0,0120
Bois noir	0,0149
Acajou	0,0160
Ebène	0,0160
Chêne (Fagots)	0,0220
Fougères	0,0450

Comme la connaissance des substances salines peut devenir très-importante dans les applications agricoles, et que d'ailleurs elle complète en quelque sorte les faits relatifs aux phénomènes chimiques de la végétation, je présenterai successivement les résultats obtenus par le savant analyste que je viens de citer, et les travaux plus récents des chimistes qui l'ont suivi dans la voie qu'il a ouverte.

(1) Berthier, *Traité des essais*, t. I, p. 259.

QUANTITÉS DE SELS ALCALINS ET DE MATIÈRES INSOLUBLES CONTENUES DANS LES CENDRES.

	SELS ALCALINS.	MATIÈRES INSOLUBLES.	REMARQUES SUR LE SOL.
Bois de charme du département de la Nièvre.	0,189	0,811	Argileux, sablonneux et ferrugineux.
Bois de chêne du département du Lot.......	0,120	0,880	Sol très-sec; débris de calcaire très-argileux.
Ecorce de chêne du département de l'Allier..	0,050	0,750	
Bois de tilleul de Seine-et-Marne............	0,108	0,892	Grève un peu calcaire.
Bois de Sainte-Lucie.........................	0,160	0,840	Venu dans le même sol que le tilleul précédent.
Bois de sureau à grappes....................	0,315	0,685	Crû dans le même sol, dans le même jardin.
Bois de l'arbre de Judée....................	0,190	0,810	Idem.
Bois de noisetier	0,154	0,846	Idem.
Bois du mûrier de la Chine..................	0,189	0,811	Idem.
Bois du mûrier blanc.........................	0,150	0,850	Idem.
Bois du mûrier blanc des Bouches-du-Rhône...	0,250	0,750	Sol calcaire et argileux.
Bois d'oranger des Bouches-du-Rhône.......	0,096	0,904	Crû en pleine terre.
Bois de chêne blanc, idem....................	0,075	0,925	
Bois de bouleau d'Orléans....................	0,160	0,840	Argile sablonneuse.
Bois du faux ébénier, Paris..................	0,315	0,685	
Bois de sapin	0,500	0,500	De Norwége, provenant d'une planche.
Paille de froment............................	0,090	0,810	Récoltée dans une terre forte et calcaire.
Fanes de pommes de terre....................	0,042	0,958	Sol de sable siliceux, légèrement calcaire.

COMPOSITION DES SELS ALCALINS ET DE LA MATIÈRE INSOLUBLE DES CENDRES, SELON M. BERTHIER.

		Charme.	Chêne.	Écorce de chêne.	Tilleul.	Bois de Sainte-Lucie.	Sureau à grappes.	Arbre de Judée.	Noisetier.	Mûrier de la Chine.	Mûrier blanc.	Mûrier blanc.	Oranger.	Chêne blanc.	Bouleau.	Faux ébénier.	Sapin.	Paille de froment.
Sels alcalins.	Acide carbonique	n'ont pas été dosés.	0,240	0,232	0,274	0,200	0,240	0,249	0,202	0,226	n'ont pas été dosés.	0,250	0,370	n'ont pas été dosés	0,170	•	0,502	traces
	Acide sulfurique		0,081	0,060	0,073	0,060	0,064	0,031	0,031	0,080		0,085	»		0,023	0,080	0,031	0,020
	Acide chlorhydrique		0,001	0,007	0,018	0,100	0,004	0,005	0,005	0,004		0,040	0,040		0,002	0,020	0,003	0,130
	Silice		0,002	0,006	0,016	0,010	0,002	0,010	0,005	0,010		•	»		0,010	0,017	0,010	0,350
	Potasse											0,520				»		
	Soude		0,676	0,693	0,607	0,630	0,670	0,705	0,732	0,680		0,115	0,590		0,793	»	0,654	0,500
	Eau															•		
			1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		0,988	1,000		1,000	»	1,000	1,000
Matières insolubles.	Acide carbonique	0,352	0,596	0,365	0,398	0,340	0,314	0,340	0,570	0,187	0,271	0,420	0,535	0,414	0,310	0,190	0,250	»
	Acide phosphorique	0,100	0,008	»	0,028	0,065	0,083	0,075	0,048	0,054	0,118	0,018	0,019	0,030	0,043	0,184	0,042	0,012
	Silice	0,050	0,038	0,011	0,020	0,018	0,032	0,024	0,042	0,151	0,077	0,029	0,060	0,035	0,035	0,080	0,080	0,730
	Chaux	0,386	0,548	0,501	0,518	0,488	0,492	0,460	0,424	0,556	0,467	0,461	0,450	0,305	0,322	0,456	0,398	0,058
	Magnésie	0,078	0,006	0,008	0,022	0,070	0,025	0,072	0,044	0,072	0,032	0,046	0,070	0,010	0,030	0,090	0,044	»
	Oxyde de fer	0,016	»	»	0,001	0,005	0,011	0,015	0,040	»	0,005	0,005	0,010	0,010	0,005	»	0,141	0,025
	Oxyde de manganèse	0,054	»	0,074	0,006	0,008	0,018	0,007	»	»	0,005	0,015		»	0,055	•	0,060	»
	Charbon et perte	»	»	0,021	»	•	»	»	»	»	•	»	0,036	»	»	»	»	0,155
		0,996	0,996	1,000	0,993	0,992	0,995	0,991	0,968	1,000	0,991	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,993	1,000

COMPOSITION DES CENDRES DE DIFFÉRENTES GRAMINÉES, ANALYSÉES PAR M. BERTHIER (1).

	FOUGÈRE.	PAILLE DE FROMENT.	PRÊLE (2).	BRUYÈRE.	TANAISIE.	OBSERVATIONS.
Sulfate de potasse........	0,007	0,004	0,120	0,050	0,033	La fougère a été récoltée à Nemours (Loiret). — Sable quartzeux.
Chlorure de potassium....	traces	0,032	0,114	0,012	0,090	
Carbonate de potasse.....	»	traces	»	0,068	0,167	
Silicate de potasse........	»	0,130	»	»	»	La paille de froment a été récoltée à Puiselet, près Nemours. — Terre forte et calcaire.
Silice..................	0,730	0,715	0,505	0,375	0,165	
Carbonate de chaux......	0,248	0,096	0,062	0,280	0,434	
Sulfate de chaux.........	»	»	0,144	»	»	La bruyère a été récoltée à Nemours.
Phosphate de chaux......	0,010	0,023	0,022	0,130	0,100	
Magnésie...............	0,005	»	0,030	0,010	0,002	La tanaisie a été récoltée à Nemours. — Sol sablonneux d'un jardin.
Oxyde de fer............	»	»	»	0,014	0,007	
Oxyde de manganèse.....	»	»	»	0,061	0,002	

(1) Berthier, *Traité des essais*, t. I, p. 268.

(2) Analysée par M. Braconnot.

COMPOSITION DES CENDRES DE DIFFÉRENTES SEMENCES.

PLANTES QUI ONT DONNÉ LES CENDRES.	REMARQUES.	ACIDE carbonique.	ACIDE phosphorique.	ACIDE sulfurique.	CHLORE.	POTASSE.	SOUDE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	SILICE.	OXIDES DE FER, de manganèse.	CHARBON et perte.	AUTORITÉS.
Graines de froment......	Alsace.	0,0	47,0	1,0	trace.	29,5	trace.	2,9	15,9	1,3	0,0	2,4	Boussingault.
— froment.		«	24,1	36,3	«	25,9	0,4	1,9	6,3	3,4	1,3	0.4	Erdmann.
— froment.		«	57,3	trace.	trace.	25,8	2,7	1,5	12,1	0,3	0,2	0,1	Petzhold.
— orge.	Neufchâtel.	«	38,5	0,2	«	13,3	6,5	2,1	8,3	26,7	1,0	3,4	H. Kœchlin.
— orge..........		«	16,7	21,8	«	20,9	«	1,7	6,9	29,1	2,9		Erdmann.
— avoine.	Alsace.	1,7	14,9	1,0	0,5	12,9	«	3,7	7,7	53,3	1,3	3,0	Boussingault.
— maïs..........	Paris.	«	50,1	trace.	trace.	30,8	«	1,3	17,0	0,8	trace.		Letellier.
— millet.........		«	18,2	0,3	0,9	11,4		0,8	7,7	59,8	0,6	0,3	Poleck.
— pois..........		0,8	40,6	0,4	2,0	43,1		4,8	8,1	0,3	trace.		Rammelsberg.
— pois..........	Alsace.	0,5	30,1	4,7	1,1	35,3	2,5	10,1	11,9	1,5	trace.	2,3	Boussingault.
— fèves.........	Alsace.	1,0	34,2	1,6	0,7	45,2	«	5,1	8,6	0,5	trace.	3,1	Boussingault.

—	fèves..........	Clèves.	«	37,9	1,3	1,5	20,8	19,0	7,3	8,8	4,0	1,0	»	Bichon.
—	haricots........	Alsace.	3,3	26,8	1,3	0,1	49,1	«	5,8	11,5	1,0	trace.	1,1	Boussingault.
—	pavot..........	Neufchâtel.	17,7	37,8	2,0	«	0,8	4,5	28,1	4,3	4,8	«		Sacc.
—	chenevis........			35,0	0,1	trace.	21,7	0,7	26,7	1,0	14,0	0,8		Leuchtweiss.
—	colza..........		2,2	46,0	0,5	0,1	25,2	0,0	13,0	11,4	1,1	0,6		Rammelsberg.
—	lin............			40,1	1,0	0,9	25,9	1,3	26,0	0,2	0,9	3,7		Leuchtweiss.
—	noix..........		2,9	35,6	2,3	0,5	27,4	«	20,9	7,7	1,2	0,7	0,8	Glasson.
—	gland de chêne.	Décortiqué.	14,3	13,7	2,3	0,5	51,7	0,3	5,4	4,5	0,8	0,9	5,6	Kleinschmidt.
—	faînes..........	Fruit du hètre.	3,5	20,8	2,2	0,5	32,7	soude.	24,5	11,6	1,9	2,7		
—	pin sylvestre....		«	46,0	«	«	22,4	1,3	1,9	15,1	10,4	3,0		Poleck.
—	moutarde noire.		«	35,5	6,8	1,3	12,1	5,5	16,5	13,6	2,6	1,1	5,0	James.
—	madia sativa...		«	51,9	«	«	9,0	10,6	7,3	14,6	«	1,0	5,6	Souchay.
—	trèfle rouge....		«	33,9	2,3	0,3	39,3	«	0,7	18,5	5,0			Boussingault.
—	café..........		15,3	12,3	1,2	1,1	50,4	«	8,6	10,0	1,1			Letellier.
—	cacao..........		1,0	29,6	4,5	0,2	33,4	«	11,0	17,0	3,3			Letellier.

COMPOSITION DES CENDRES DES PARTIES DE DIVERSES PLANTES.

PLANTES INCINÉRÉES.	REMARQUES	ACIDE carbonique.	ACIDE phosphorique.	ACIDE sulfurique.	CHLORE.	POTASSE.	SOUDE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	SILICE.	OXIDES DE FER. de manganèse.	CHARBON et perte.	AUTORITÉS.
Pommes de terre......	Alsace.	13,4	11,3	7,1	2,7	51,5	trace.	1,8	5,4	5,6	0,5	0,7	Boussingault.
Betteraves champêtres..	Id.	16,1	6,0	1,6	5,2	39,0	6,0	7,0	4,4	8,0	2,5	4,2	Boussingault.
Navets................	Id.	14,0	6,1	10,9	2,9	33,7	4,1	10,9	4,3	6,4	1,2	5,5	Boussingault.
Feuilles de navets......		19,5	2,0	4,0	1,9	29,5	3,4	25,5	7,4	6,1	0,5	0,2	Namur.
Topinambour..........	Alsace.	11,0	10,8	2,2	1,6	44,5	trace.	2,3	1,8	13,0	5,2	7,6	Boussingault.
Paille de pois.........		17,4	9,2	7,0	7,2	8,2	12,5	30,5	6,9	0,6	traces.		Boussingault.
Paille de froment......	Id.	«	4,1	0,9	trace.	15,5	3,1	3,5	trace.	72,4	0,3	0,2	Petzholdt.
Paille de froment......		«	3,1	1,0	0,6	9,2	0,3	8,5	5,0	67,6	1,0	3,7	Boussingault.
Paille d'avoine........	Alsace.	3,2	3,0	4,1	4,7	24,5	4,4	8,3	2,8	40,0	2,1	2,9	Boussingault.
Paille de colza........		16,3	4,8	7,6	19,9	8,1	19,8	20,0	2,6	0,8	traces.		Rammelsberg.

Sainfoin.............	Allemagne.	14,4	21,6	1,3	1,0	5,4	17,0	24,8	6,9	0,9	1,1	5,6	Buch.
Lolium perenne.......	Allemagne.	1,6	11,2	3,5	7,8	32,8	2,3	8,5	3,8	22,4	1,4	4,7	Fleitmann.
Lolium perenne.......	autre localité.	«	13,4	2,6	10,4	8,2	22,4	6,2	«	22,0	1,9	12,9	Fleitmann.
Foin de trèfle rouge....		22,9	3,3	0,8	2,2	12,2	32,2	16,6	6,3	2,0	0,2	1,3	Hossford.
Foin de trèfle rouge....	Alsace.	25,0	6,3	2,5	2,6	26,6	0,5	24,6	6,3	5,3	0,3	«	Boussingault.
Tige de maïs..........	Gratz.	«	11,8	1,0	6,3	14,5	39,9	4,9	1,8	18,9	0,9	«	F. Kruschauer.
Tige de vigne.........	Gratz.	«	16,4	4,5	0,8	34,1	7,6	30,3	4,7	1,5	0,1	«	F. Kruschauer.
Bois de chêne.........	Neufchâtel.	33,5	2,3	0,8	trace.	5,7	3,8	50,6	3,0	0,5	0,4	«	Deninger.
Bois de sapin.........		37,6	2,2	2,0	1,5	3,2	2,1	49,5	1,9	0,5	0,9	«	H. Kœchlin.
Bois du pin sylvestre...	Allemagne.	12,5	2,5	1,6	0,7	2,3	13,7	26,1	16,2	2,5	16,7	5,2	Bœttinger.
Canne à sucre et feuilles.	La Trinité.	«	3,8	6,6	2,7	27,3	1,0	9,1	3,7	45,8	«	«	Stenhouse.
Lin (tige)............	Hollande.	13,8	11,1	9,7	3,4	18,4	13,9	18,4	3,0	5,3	3,8	«	R. Kane.
Houblon du commerce..		11,0	14,6	8,3	2,3	19,4	0,7	14,1	5,3	17,9	3,9	2,5	Nesbit.
Sarment de vigne......	Alsace.	23,0	11,6	1,7	0,1	20,1	0,2	30,5	6,8	0,5	4,2	1,3	Houzeau.

Une remarque faite par M. Berthier, et qui ressort de l'ensemble des analyses précédentes, c'est l'absence de l'alumine dans les cendres examinées. Les résultats obtenus antérieurement par de Saussure confirment pleinement cette observation; et si dans quelques cas on a recueilli des traces de cette terre, on a cru devoir les attribuer à l'argile qui adhérait accidentellement aux plantes. Suivant M. Berthier, l'absence de l'alumine a très-probablement pour cause son insolubilité dans l'eau et sa faible affinité pour les acides organiques. Les sels solubles d'alumine à acides minéraux sont, on le sait, défavorables à la végétation, et dans un terrain cultivable ils ne sauraient se trouver en présence des carbonates calcaires ou alcalins sans être décomposés.

Cependant, l'alumine paraît avoir été observée à l'état de sels dans les sucs de certaines plantes; le *lycopodium complanatum*, dont l'infusion est employée comme mordant dans la teinture, contient du tartrate d'alumine (1); le même sel a été signalé dans le verjus; Vauquelin a trouvé de l'acétate d'alumine dans la séve du bouleau. J'ajouterai que dans un assez grand nombre d'analyses de cendres, provenant de plantes et de graines récoltées dans notre culture, j'ai constamment obtenu des indices d'alumine, mais je laisse à décider si la présence de cette terre était accidentelle.

---

(1) Berzélius, *Traité de Chimie*, t. IV, p. 130, traduction française.

La silice ne se rencontre qu'en très-petite quantité dans la cendre de bois. Elle entre, au contraire, pour une proportion considérable dans la cendre de beaucoup de plantes annuelles ou bisannuelles, et en particulier dans celle des céréales. Humphry Davy porte à 90 pour 100 la silice contenue dans l'épiderme du jonc des Indes.

Si l'on compare entre elles les cendres de bois de même espèce, crus dans des terrains de nature différente, on voit, dit M. Berthier, qu'elles peuvent différer notablement : ce qui semble établir que le sol exerce une influence sur leur constitution. Ainsi le chêne de Roque-des-Arcs, crû dans un terrain éminemment calcaire, a donné des cendres presque entièrement formées de carbonate de chaux, tandis que celles laissées par un chêne du département de la Somme contiennent beaucoup de magnésie et de phosphate calcaire (1). Les cendres d'un mûrier blanc de Nemours renferment plus de 0,10 d'acide phosphorique, et on en rencontre à peine des traces dans celles d'un semblable mûrier du terrain calcaire de la Provence. La déduction la plus remarquable que permettent les analyses de M. Berthier est celle qui résulte de la composition des cendres provenant d'arbres nés dans un même terrain. On voit que, pour les espèces analogues, les cendres ont également la plus grande analogie. On trouve, au

(1) Ces cendres provenaient du charbon de chêne; la partie insoluble a donné 0,14 de phosphate de chaux, et 0,08 de magnésie.

contraire, que les arbres de genres très-distincts, donnent des cendres d'une nature fort différente; résultats qui mènent à cette conclusion importante, que les plantes ont la faculté de choisir dans le sol les substances qui conviennent le mieux à leur organisation spéciale.

Les matières qui forment la cendre ne sont pas toutes à l'état où elles se trouvaient dans le tissu végétal. Dans les plantes il existe constamment des acides organiques, le plus généralement unis aux bases minérales. Pendant l'incinération des plantes, les acides organiques sont détruits, et le résultat de leur destruction est un carbonate alcalin, si l'acide préexistant était uni à la soude ou à la potasse; un sel végétal calcaire donnera du carbonate de chaux; un sel magnésien produira de la magnésie : à cause de la propriété bien connue que possède cette terre, de ne pas retenir l'acide carbonique, à une température élevée. Ainsi, la majeure partie des carbonates qui entrent dans la composition des cendres se sont formés par le fait même de l'incinération. Les sels qui peuvent résister à l'action d'une forte chaleur, comme les phosphates, les sulfates et les chlorures, sont les seuls qui aient conservé dans les cendres l'état sous lequel ils existaient dans la plante vivante.

L'eau étant le véhicule qui transporte les sels minéraux du sol dans les végétaux, nous n'apercevons pas toujours comment ils y pénètrent. Pour expliquer dans les plantes la présence d'un sel insoluble, comme le phosphate de chaux, de Saussure admet,

d'après des expériences satisfaisantes, qu'il existe des phosphates doubles de potasse et de chaux, de potasse et de magnésie (1). D'ailleurs, bon nombre de corps, considérés en chimie comme insolubles, ne le sont probablement pas d'une manière absolue. La silice paraît posséder un certain degré de solubilité, du moins M. Payen l'a-t-il rencontrée en quantité très-appréciable dans l'eau qui jaillit du puits artésien de Grenelle, et dans l'eau de la Seine. On sait, en outre, que plusieurs sels terreux insolubles (et le phosphate de chaux est dans ce cas) se dissolvent à la faveur de l'acide carbonique que contiennent toujours les eaux dont le sol est imbibé. Enfin, il n'est pas improbable que certains sels insolubles prennent naissance dans les tissus mêmes des plantes, par l'arrivée successive et l'action réciproque de sels solubles.

Il nous reste à examiner maintenant par quelles voies les substances salines sont introduites dans l'organisme des végétaux, et dans quelles limites peut s'en charger l'eau qui sert à entretenir la vie des plantes; car c'est un résultat d'expérience, pour ainsi dire vulgaire, que les dissolutions salines douées d'un certain degré de concentration agissent d'une manière nuisible sur la végétation.

Le chevelu qui termine les racines a un tissu trop serré pour laisser passer autre chose que des fluides. Tous les essais tentés, dans le but de leur faire absorber des corps solides infiniment divisés et tenus

(1) Saussure, *Recherches chimiques, etc.*, p. 321.

en suspension dans l'eau, ont été infructueux. Dans ces tentatives, les racines ont fonctionné exactement comme des filtres parfaits, auxquels nous ne saurions comparer ceux que nous employons dans nos laboratoires. Il y a plus : les dissolutions les plus faibles ne sont pas absorbées entièrement, il se fait une sorte de départ, et une portion du sel dissous abandonne l'eau, au moment où elle pénètre dans la racine. C'est ce qui ressort des recherches faites par de Saussure, pour constater : 1° si les plantes absorbent les substances dissoutes dans le même rapport qu'elles absorbent l'eau (1); 2° si les plantes font un choix parmi les différentes substances tenues en dissolution (2).

Dans des dissolutions contenant huit dix millièmes de chacune des substances suivantes :

Chlorure de potassium,
Chlorure de sodium,
Nitrate de chaux,
Sulfate de soude,
Chlorhydrate d'ammoniaque,
Acétate de chaux,
Sulfate de cuivre,
Sucre candi,
Gomme arabique,
Extrait de terreau,

---

(1) Saussure, *Recherches chimiques, etc.*, p. 247.

(2) Saussure, *Recherches chimiques, etc.*, p. 253.

on fit plonger des plantes de *polygonum persicaria*, pourvues de leurs racines. Avant de commencer les expériences, les *polygonum* avaient séjourné pendant quelque temps dans l'eau distillée, jusqu'à ce que leurs racines eussent pris un commencement de croissance (1).

Les plantes ont vécu à l'ombre pendant cinq semaines, en développant des racines dans les dissolutions de chlorure de potassium, de chlorure de sodium, d'azotate de chaux, de sulfate de soude et d'extrait de terreau. Elles ont langui sans prendre aucun accroissement, dans la dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque; et n'ont pu se soutenir dans l'eau sucrée, qui s'altérait promptement, qu'en la renouvelant avec fréquence. Les polygonum sont morts au bout de huit à dix jours, dans l'eau gommée et dans la solution d'acétate de chaux. Ils n'ont résisté que deux à trois jours dans l'eau renfermant le sulfate de cuivre.

Des observations exactement semblables faites sur des *bidens cannabina* ont offert les mêmes résultats, avec cette seule différence, que cette plante a moins résisté que le polygonum.

Pour évaluer dans quelle proportion les substances dissoutes ont été absorbées, relativement à l'eau, de Saussure a fait usage des dissolutions employées précédemment; mais il terminait l'expérience, lors-

(1) L'extrait de terreau n'entrait que pour deux dix millièmes dans la dissolution.

que les plantes avaient aspiré précisément la moitié du liquide qui les alimentait. Chaque dissolution abreuvait un nombre suffisant de plantes pour que cette condition pût être remplie en deux jours. La moitié du liquide restant après chaque expérience était analysée, et la quantité de sels qui s'y trouvait faisait connaître par différence celle qui avait pénétré dans le végétal. En représentant par cent parties la totalité de la substance dissoute, il est évident que d'après la condition dans laquelle on s'était placé, cinquante de ces parties devaient entrer dans la plante, si l'absorption des matières salines eût été proportionnelle à celle du dissolvant. Mais l'expérience a prouvé qu'en aspirant la moitié du volume du liquide normal, le polygonum avait absorbé :

15	parties	de chlorure de potassium,
13	—	de chlorure de sodium,
4	—	de nitrate de chaux,
14	—	de sulfate de soude,
12	—	de chlorhydrate d'ammoniaque,
8	—	d'acétate de chaux,
29	—	de sucre,
9	—	de gomme,
5	—	d'extrait de terreau,
47	—	de sulfate de cuivre.

Dans les mêmes circonstances le bidens a pris :

16	parties	de chlorure de potassium,
15	—	de chlorure de sodium,
8	—	de nitrate de chaux,
10	—	de sulfate de soude,
17	—	de chlorhydrate d'ammoniaque,
8	—	d'acétate de chaux,

32 parties de sucre,
8 — de gomme,
6 — d'extrait de terreau,
48 — de sulfate de cuivre.

Il résulte de ces expériences, que les plantes ont absorbé les diverses substances qui leur ont été présentées; mais, sans exception, elles ont aspiré l'eau dans une plus forte proportion que les matières dissoutes.

En multipliant et variant ces expériences, de Saussure est toujours arrivé aux mêmes résultats généraux. Les plantes ont constamment pris plus de sels alcalins que de sels calcaires, plus de sucre que de gomme, bien que les quantités absorbées des différentes matières aient varié considérablement.

Le sulfate de cuivre a offert, dans le cours de ces recherches, une anomalie qui s'explique aisément. On voit, en effet, que ce sel, évidemment nuisible à la végétation, a été aspiré à plus forte dose. Cela provient de son action corrosive sur les racines. Le sulfate de cuivre les désorganise; et ces organes une fois détruits, l'absorption se fait avec plus de vitesse, et en plus grande abondance. C'est qu'une racine privée de ses fibres chevelues se trouve dans la condition d'une tige, d'une branche dont la section fraîche est plongée dans un liquide. L'observation prouve effectivement que des substances dissoutes, qui, par leur viscosité, ne sont pas susceptibles de pénétrer dans une racine saine, s'introduisent, au contraire, facilement dans une tige, dans une branche, en

quantité assez forte pour les colorer fortement, si une matière tinctoriale est offerte à l'absorption.

Dans les expériences précédentes, la dissolution ne contenait qu'une seule substance. Dans celles qui vont suivre, de Saussure a dissous, dans l'eau, deux ou trois sels réunis, un mélange de sucre et de gomme, afin de s'assurer si les plantes feraient une élection particulière de ces dissolutions mixtes.

Dans 793 grammes d'eau, on a dissous deux ou trois espèces de sels; le poids de chaque espèce était de 0gr.,637. L'eau pouvait donc contenir de 0,0016 à 0,0024 de matière saline. Comme dans les expériences antérieures, on a fait absorber aux plantes exactement la moitié des dissolutions. L'analyse a indiqué la quantité et la nature des substances restées dans le liquide non aspiré, et par suite les sels qui avaient pénétré dans le végétal.

Pour former le tableau résumant les résultats obtenus, on a représenté, par 100 parties, le poids de chaque sel particulier qui entrait dans la dissolution.

Tableau.

POIDS DES SUBSTANCES DANS LA DISSOLUTION SOUMISE A L'EXPÉRIENCE.	Poids des substances prises par le polygonum, en aspirant la moitié de la dissolution.	Poids des substances prises par le bidens, en aspirant la moitié de la dissolution.
100 parties en poids.		
Sulfate de soude effleuri........	12	7
Chlorure de sodium...........	22	20
Sulfate de soude effleuri........	12	10
Chlorure de potassium..........	17	17
Acétate de chaux...............	8	5
Chlorure de potassium..........	33	16
Nitrate de chaux...............	4	2
Chlorhydrate d'ammoniaque.....	16	15
Acétate de chaux...............	31	35
Sulfate de cuivre..............	34	39
Nitrate de chaux...............	17	9
Sulfate de cuivre..............	34	56
Sulfate de soude...............	6	13
Chlorure de sodium............	10	16
Acétate de chaux...............	traces.	traces.
Gomme.........................	26	21
Sucre..........................	34	46

De Saussure a confirmé ces résultats en opérant sur la menthe poivrée, le pin d'Écosse, et le genièvre commun.

La section des racines, leur destruction favorisent, nous l'avons déjà vu, l'introduction des matières dissoutes. Des plantes dont les racines avaient été enlevées n'ont plus choisi les substances dissoutes d'une manière aussi prononcée; après cette mutilation, elles les ont absorbées à peu près indifféremment, à plus

fortes doses, et sensiblement dans le même rapport que l'eau qui les tenait en dissolution.

Les racines pourvues de fibres chevelues laissent donc pénétrer dans les plantes telle matière dissoute, de préférence à telle autre. Les chlorures de potassium et de sodium, par exemple, les traversent plus facilement que l'acétate et le nitrate de chaux; le sucre plus aisément que la gomme; et, de même que lorsque ces substances sont isolées, elles sont, dans leur association, absorbées dans une proportion beaucoup moindre que l'eau de la dissolution.

De Saussure n'est pas disposé à admettre que la sorte de préférence que les plantes montrent pour certains sels, pour certaines substances dissoutes, résulte d'une faculté particulière, ou d'une affinité. Il croit devoir l'attribuer au degré de fluidité, ou de viscosité, communiqué à l'eau par les différentes matières dissoutes. Ainsi, l'acétate et le nitrate de chaux donnent, avec la même proportion de liquide, des solutions plus visqueuses, passant plus difficilement à travers un filtre que les sulfates et les chlorures alcalins; ces derniers sels ont aussi été absorbés par le végétal en plus grande abondance que les sels calcaires. La gomme, qui communique à l'eau plus de viscosité que le sucre, est aussi moins absorbable. Enfin, c'est l'eau pure que les végétaux ont préférée à toutes les autres.

Dans les résultats des incinérations que nous avons fait connaître, on a pu voir que, dans beaucoup de plantes, les sels s'y rencontrent dans une proportion

très-faible. C'est ce qui a porté plusieurs physiologistes à considérer les substances minérales qu'on trouve dans les végétaux, comme purement accidentelles, et par conséquent inutiles à leur existence. De Saussure observe que leur peu d'abondance n'est pas un indice de leur inutilité, et il rappelle que le phosphate calcaire, qui fait partie de l'organisation d'un animal, n'y entre peut-être pas pour un cinq centième de la masse totale, bien que personne n'ait songé à contester le rôle important que ce sel joue dans la constitution des os. Nous ajouterons que, comme les phosphates ont été rencontrés, par de Saussure, dans toutes les cendres de végétaux qu'il a examinées, et que les analyses exécutées depuis ces premiers travaux sont venues confirmer la généralité du principe posé par ce célèbre chimiste, nous n'avons réellement aucune raison pour affirmer qu'une plante puisse exister sans l'intervention des sels. Au reste, il est des plantes annuelles qui, quand on les brûle, laissent plus de dix pour cent de résidu; celles qui sont cultivées dans un sol privé de matières salines ou alcalines, arrosées avec de l'eau distillée, vivent, il est vrai, mais elles n'acquièrent jamais la vigueur que leur donne une terre fertile; et, en fait, dans les expériences où l'on fait développer des plantes dans de telles conditions de stérilité, il n'y a pas, il ne peut pas y avoir absence absolue de substances salines, les graines avec lesquelles on expérimente, renfermant nécessairement une certaine dose de sels. Ainsi, dans les observations décrites dans

le chapitre précédent, les graines employées ont apporté leur contingent de matière minérale; avec les pois, par exemple, on en a introduit près de 0gr.05, formée en grande partie de phosphate de potasse et de phosphate de chaux; les plants de pois ont donc rencontré et assimilé ces substances minérales. C'est peut-être à cause de cette circonstance que la végétation a pu accomplir toutes ses phases, donner des graines. Aussi, peut-être, est-ce l'insuffisance de la matière minérale qui a empêché le froment d'arriver à maturité; les grains de blé mis en expérience contenaient à peine 0gr.02 de sels. Cette remarque paraîtra d'autant plus fondée que, d'après les observations de MM. Polstorf et Wiegman, des graines d'orge, placées dans un sol privé de matière organique, peuvent pousser et arriver à terme lorsque ce sol renferme les éléments minéraux nécessaires à l'orge; sans que, toutefois, d'après les essais en grand que j'ai faits sur la culture de l'avoine, on puisse, par la seule influence des sels, obtenir une récolte comparable, sous aucun rapport, à celle qui se développe dans un terrain amendé avec du fumier, c'est-à-dire avec un engrais qui porte avec lui de la matière organique putréfiée et des substances minérales.

Duhamel a reconnu que les plantes marines languissent dans un terrain privé de chlorure de sodium; et cela se conçoit d'autant plus facilement, que ces plantes fournissent des cendres très-riches en carbonate de soude. La bourrache, l'ortie, se plaisent et

ne réussissent bien que dans les lieux où elles rencontrent des nitrates; et il est facile de s'assurer que ces mêmes plantes, desséchées, renferment dans leur tissu une quantité notable de nitre ou de nitrate de chaux. La vigne surtout demande des amendements alcalins, pour remplacer la potasse enlevée au sol par la production du bitartrate de potasse, qui entre en proportion plus ou moins forte dans tous les vins.

Les acides organiques du règne végétal sont toujours engagés à l'état de sels neutres ou acides. La proportion de base combinée dans une plante aux acides végétaux, peut être facilement reconnue et dosée dans les cendres; car elle passe, par l'effet de l'incinération, à l'état de carbonate alcalin ou terreux. Les acides végétaux exercent certainement des fonctions importantes dans l'organisme des végétaux, et leur formation est sans doute liée à la présence des bases avec lesquelles ils constituent des sels. La nature même de l'oxyde paraît de peu d'importance; on sait d'ailleurs que certaines bases peuvent se remplacer équivalent pour équivalent.

L'utilité des alcalis dans la végétation ne saurait être douteuse; nombre de pratiques agricoles le démontrent jusqu'à l'évidence, et, selon M. Liebig, le fait de la formation des alcaloïdes organiques dans les plantes en serait encore une nouvelle preuve. M. Liebig pense, en effet, que les alcalis organiques tendent particulièrement à se former en l'absence des bases minérales. Cependant on assure que le pavot donne plus de morphine, quand il est cultivé dans un sol

bien fumé, qu'alors qu'il croît dans une terre peu fertile.

Les substances inorganiques répandues dans les végétaux proviennent évidemment du sol. En cultivant, comme l'a fait M. Lassaigne, des graines semées sur de la fleur de soufre parfaitement lavée, et arrosée avec de l'eau distillée, la plante récoltée ne renferme ni plus ni moins de matières salines et terreuses, que celles qui se trouvaient primitivement dans la semence.

Constitution chimique de la séve.

L'eau aspirée par les racines se charge, en séjournant dans la terre, de diverses substances solubles; on doit la considérer comme l'origine de la séve ascendante. Après avoir pénétré dans la plante, les matières organiques dissoutes subissent une profonde modification, car dans la séve on découvre des corps qui ne pouvaient exister dans l'eau qui imbibait le terrain; et, durant son ascension, le liquide séveux croît en densité, comme l'a reconnu Knight. La séve d'un *acer platanoïdes*, prise au moyen d'une incision pratiquée au bas du tronc, avait, selon cet habile observateur, une densité de 1,004; à 2 mètres de hauteur, la densité était de 1,008; à 4 mètres, 1,012. Knight en conclut que, pendant sa marche ascensionnelle, la séve entraîne de la nourriture déposée dans le tissu végétal qu'elle parcourt (1). Nous avons vu que

(1) De Candolle, *Physiologie*, t. I, p. 204.

ce fluide, après s'être élaboré dans les parties vertes des arbres, prend une route opposée à celle qu'il a d'abord suivie; et, pour cette raison, nous l'avons nommé séve descendante. Il est possible que, dans les observations de Knight, le liquide puisé à une certaine profondeur fût un mélange des deux séves, ce qui expliquerait alors l'augmentation de densité. Au reste, il ne faut pas se hâter de considérer l'action des deux espèces de séve comme s'exerçant isolément; et il est très-vraisemblable qu'au printemps la séve modifiée, en s'infiltrant dans le tissu perméable du végétal, se mêle continuellement à la séve ascendante pour concourir à l'accroissement des bourgeons (1). La difficulté de recueillir isolément chaque séve en particulier, si toutefois la séparation est réellement possible, fait que les résultats analytiques ne présentent pas toute la netteté désirable.

Suivant M. Langlois, la séve de la vigne, recueillie en février et en mars, contient 0,0023 de matières sèches consistant en phosphate et tartrate de chaux dissous à la faveur de l'acide carbonique; de l'albumine, des nitrate et sulfate de potasse; des lactates alcalins; du chlorhydrate d'ammoniaque. On n'y a pas trouvé de sucre.

La séve du noyer : de l'acide carbonique; 0,0047 de matières sèches formées d'albumine, de gomme, de lactate de chaux, d'ammoniaque et de potasse;

(1) Dutrochet, *Sur la structure*, p. 36.

des malates de mêmes bases, du nitrate de potasse, du sulfate et du phosphate de chaux.

Les séves du charme, du hêtre, de l'orme renferment à peu près les mêmes principes, avec cette différence qu'elles contiennent du sucre : abandonnées à elles-mêmes, elles donnent successivement tous les signes de la fermentation alcoolique. MM. Liebig et Will avaient déjà reconnu la présence de sels ammoniacaux dans la séve de l'érable, du bouleau, et dans les *pleurs* de la vigne.

La séve de l'érable contient une quantité très-notable de sucre, et une petite proportion d'acétate. Au Canada, j'ai vu traiter cette séve pour en retirer du sucre identique à celui de la canne; au reste, sa nature est sujette à varier, et Duhamel affirme qu'à une certaine époque elle perd sa saveur sucrée et prend un goût herbacé (1).

M. Biot a eu l'occasion d'examiner la séve d'un assez grand nombre d'arbres; il a constaté que le sucre s'y trouve souvent sous deux états différents, comme sucre de canne proprement dit, et à l'état de sucre de raisin, qui, comme les chimistes le reconnaissent, ne diffère du premier que par un équivalent d'eau en plus. Les séves sur lesquelles a porté son examen contiennent en outre de la matière animale (*albumine*) et une matière gommeuse.

Le 11 février, le tronc d'un noyer donnait une séve contenant du sucre de canne. Les séves du sy-

(1) *Annales de l'Agriculture française*, t. V, 2e série, p. 339.

comore, de l'acer negundo et du lilas, renfermaient la même espèce de sucre, mais celle du bouleau tenait en dissolution du sucre de raisin. Sur le sycomore et sur le bouleau, M. Biot a observé un fait des plus intéressants. Il a reconnu, en faisant abattre ces arbres, que la plus grande partie de la séve descendante se trouvait vers le milieu de la longueur du tronc; celle du bouleau était acide et sucrée; le liquide qui imprégnait la portion inférieure du tronc ne renfermait pas de sucre, mais bien une matière ayant les principaux caractères de la gomme (1). C'était peut-être un effet de la saison, car Knight assure n'avoir jamais pu découvrir la moindre trace de matière sucrée, pendant l'hiver, dans l'aubier soit de la tige, soit des racines du sycomore (2).

Séve du guaduas (*bambusa guaduas*). — Le guaduas croît dans les contrées chaudes et marécageuses des régions tropicales; cette graminée atteint souvent l'énorme hauteur de 20 à 30 mètres. Sa tige, creuse, est divisée, sur toute sa longueur, en nœuds assez régulièrement espacés à une distance de 3 décimètres. Chaque nœud est l'indice d'une cloison ligneuse, qui semble diviser la tige du guaduas en autant de tubes juxtaposés; en la perforant immédiatement au-dessus d'une cloison, il s'écoule une eau limpide et fraîche, que l'on ne saurait distinguer de

---

(1) *Annales du Muséum d'Histoire naturelle*, t. II.

(2) Knight, *Annales de l'Agriculture française*, t. V, 2e série, p. 338.

l'eau la plus pure. C'est une ressource que la plupart des voyageurs ont pu mettre à profit. Cette séve, à ce que m'ont assuré les habitants des pays où j'ai observé le guaduas, ne remplit jamais l'espace creux de la tige compris entre deux cloisons ou nœuds; l'analyse que j'en ai faite a indiqué que la séve du guaduas est presque de l'eau pure. Les réactifs n'y ont décelé que des traces de sulfate et de chlorure. En en évaporant une assez grande quantité, j'ai pu y découvrir, indépendamment de ces traces de sels solubles, une très-petite proportion de matière animale, et de la silice.

Séve du bananier (*musa paradisica*). — La séve du bananier possède une saveur astringente très-prononcée; elle rougit la teinture de tournesol. Immédiatement après sa sortie de la plante, elle est limpide et incolore comme de l'eau; cependant elle jouit de la propriété de colorer en jaune les tissus qui y sont plongés. Exposée à l'air, elle se trouble en laissant déposer des flocons d'un rose sale. C'est à l'action de l'oxygène qu'est dû ce dépôt, car il ne se manifeste qu'au contact de l'air. Après la formation de ce dépôt, la séve ne colore plus les tissus. D'après un examen chimique que j'ai fait de la séve du bananier, durant mon séjour sur les bords de la Magdalena, je crois pouvoir admettre qu'elle renferme :

De l'acide gallique,
De l'acide acétique,
Du chlorure de sodium,
Des sels de chaux et de potasse,
De la silice.

La séve, élaborée, pendant son passage dans les feuilles, acquiert une plus forte consistance. Elle renferme généralement des principes particuliers, qui sont le résultat de cette élaboration, et constitue le liquide que l'on désigne ordinairement sous le nom de suc particulier des plantes. On l'obtient généralement, en faisant une incision qui pénètre un peu au-dessous de l'écorce.

Les caractères et les propriétés de la séve élaborée, séve descendante, sont extrêmement variés. Mais on peut la diviser en séve laiteuse, séve sucrée, séve gommeuse et résineuse, selon la nature des sucs dissous ou suspendus dans le liquide. Un assez grand nombre des sucs particuliers des végétaux contenant des principes employés dans les arts ou dans la médecine, leur étude est plus complète que celle des séves ascendantes : ne pouvant nous proposer ici de faire une monographie de ces sucs, nous nous bornerons à mentionner ceux qui ont été examinés avec quelques soins.

Séves laiteuses. — Les séves laiteuses, comme l'indique leur nom, ont l'apparence du lait ; elles doivent cet aspect lactescent à des globules de matières insolubles, extrêmement divisés et tenus en suspension dans un liquide.

Suc du *carica papaya.* — Le carica papaya croît dans les régions tropicales. Le suc qu'on extrait du fruit par incision, est blanc, excessivement visqueux. Dans un échantillon de ce suc, venant de l'Ile de France, Vauquelin a trouvé de l'eau en très-grande

quantité, et, de plus, une matière animale ayant les propriétés chimiques de l'albumine des animaux (1); enfin, une matière grasse.

J'ai eu l'occasion de vérifier l'exactitude des résultats obtenus par Vauquelin, sur le lait du fruit du carica papaya; et durant mon séjour à Caracas, j'ai examiné le suc qui s'écoule du tronc même de l'arbre. Ce sucre est moins lactescent, et beaucoup plus fluide que celui qui provient du fruit; il présente l'apparence du lait coupé avec de l'eau. Son odeur est un peu nauséabonde, même à sa sortie de la plante; sa saveur légèrement aigre. Exposé à l'air, il se coagule assez promptement. Il contient une matière animale comparable à la fibrine, en assez forte proportion;

Du sucre, De la cire, De la résine,	en petites quantités.

Évaporé et brûlé, il laisse un résidu salin.

Ce suc est employé à quelques usages médicaux.

Suc de l'arbre de la vache. — Au nombre des productions végétales les plus étonnantes qu'on observe dans la région équinoxiale, se trouve un arbre qui donne avec abondance un suc laiteux, comparable, par ses propriétés, au lait des animaux. A l'époque où je quittai l'Europe, M. de Humboldt me recom-

(1) Vauquelin, *Annales de Chim.*, t. XLIX, p. 219, 1re série.

manda expressément de porter mon attention sur le lait de l'arbre de la vache. Peu de temps après mon arrivée dans les Cordillières du littoral de Caracas, nous pûmes, M. de Rivero et moi, répondre à la demande du célèbre voyageur (1).

Le lait que nous avons examiné provenait du *Palo de leche*, l'arbre à lait, extrêmement commun dans les environs de Maracay.

Le lait végétal possède les mêmes caractères physiques que celui de la vache, avec cette seule différence qu'il est un peu visqueux; sa saveur agréable est légèrement balsamique. Quant à ses propriétés chimiques, elles diffèrent sensiblement de celles qui sont particulières au lait animal. Ainsi les acides ne le caillent pas. L'alcool le coagule à peine. Par l'action d'une douce chaleur, on voit se former à la surface du lait végétal, de légères pellicules. En l'évaporant au bain-marie, on obtient un extrait qui ressemble à la *frangipane;* et si l'on continue pendant un certain temps l'action du feu, on remarque des gouttes huileuses, qui augmentent à mesure que l'eau se dégage; elles finissent par former un liquide d'apparence graisseuse, dans lequel nage une substance fibrineuse qui se dessèche et se racornit à mesure que la température augmente. Alors se répand l'odeur, la mieux caractérisée qu'il soit possible, de viande que l'on fait frire dans la graisse.

---

(1) Rivero et Boussingault, *Annales de chim. et de phys.*, t. XXIII, p. 229, 2e série.

Par l'action seule de la chaleur, on sépare donc le lait du *Palo de leche* en deux parties distinctes : l'une fusible, de nature grasse, l'autre fibrineuse, et offrant tous les caractères des substances animales.

Si on ne pousse pas trop loin l'évaporation du lait végétal, on peut obtenir la matière grasse inaltérée; elle jouit alors des propriétés suivantes : elle est blanche, translucide, assez solide pour résister à l'impression du doigt. Elle fond à 60°; l'alcool à 40° la dissout complétement par l'ébullition; elle est également soluble dans la potasse.

La matière fibrineuse, extraite du lait immédiatement après sa sortie de l'arbre, nous a présenté tous les caractères de la fibrine, retirée du sang des animaux; pour cette raison nous l'avons nommée *fibrine*. En effet, mise sur un fer chaud, elle se boursoufle, fond, se carbonise, en exhalant l'odeur de viande grillée. Traitée par l'acide nitrique faible, elle donne du gaz azote : par la distillation, elle dégage abondamment des matières ammoniacales.

La présence et la nature de cette matière animalisée, dans le lait de l'arbre de la vache, explique comment ce lait acquiert, en s'altérant, l'odeur de vieux fromage. Nous avons considéré la matière grasse du lait comme analogue à la cire des abeilles, je puis même ajouter que nous en avons fait des bougies. Cependant la faculté de se dissoudre complétement dans l'alcool, jointe à sa facile solution dans la potasse, établissent une différence assez marquée

avec les propriétés généralement attribuées à la cire des insectes.

Dans l'eau qui tient en suspension la cire et la matière animale, nous avons rencontré quelques substances salines et un acide libre, dont nous n'avons pu déterminer la nature. Nous n'avons pas réussi à constater dans le lait végétal la présence du caoutchouc. D'après un nouvel examen chimique que j'ai fait sur du lait végétal rapporté dernièrement par M. Goudot, on aurait pour la composition de cette séve :

Fibrine, albumine végétale.............	3,73
Cire, résine, principes solubles, sels......	23,41
Eau..................................	72,86
	100,00

Dans les cendres de ce lait on trouve du phosphate de chaux, de la chaux, de la magnésie, de la silice.

Durant leurs excursions, les habitants des Cordillières boivent souvent du lait de l'arbre de vache; nous en avons fait usage, M. de Rivero et moi, pendant notre séjour à Maracay.

L'arbre qui produit le lait que nous avons examiné est, selon M. de Humboldt, le *galactodendron dulce*, de la famille des verticées, ou figuiers. Mais l'on connaît dans les montagnes du littoral plusieurs arbres qui donnent un suc laiteux, et que l'on confond souvent avec celui que je viens de décrire. Par exemple, dans les environs de Maracaïbo, suivant

M. Desvaux (1), le *clusia galactodendron* laisse écouler avec abondance une séve lactescente très-agréable ; toutefois ce lait ne paraît pas renfermer autant de matière animalisée ; du moins, il ne se putréfie pas sensiblement, et, à la place de la matière cireuse, on observe une substance beaucoup moins fusible et qui, par sa nature, se rapproche des résines.

Séve laiteuse de l'hura crepitans, *ajuapar.* — Le suc de l'*hura crepitans* est justement redouté : il suffit d'être exposé aux émanations de ce suc laiteux récemment extrait, pour en être incommodé d'une manière grave. Son usage indique assez ses qualités pernicieuses, puisqu'on l'emploie fréquemment pour pêcher, en empoisonnant l'eau des rivières (2).

Ce lait végétal ressemblerait parfaitement à celui de l'arbre de la vache, s'il n'était légèrement jaunâtre. Il n'a pas d'odeur ; sa saveur, très-peu marquée d'abord, fait bientôt éprouver une irritation très-forte. Il rougit la teinture de tournesol; les acides minéraux y déterminent un caillé blanc et visqueux ; la liqueur surnageante est limpide et de cou-

(1) Renseignements communiqués par M. Adolphe Brongniart.

(2) Rivero et Boussingault, *Annales de chim. et de phys.*, t. XVIII, p. 430, 2e série.

Ce que je vais rapporter peut donner une idée de l'énergie avec laquelle ce suc laiteux agit sur l'économie animale : lorsque nous examinâmes le lait de l'*hura crepitans*, M. Rivero et moi, nous fûmes atteints d'érysipèle ; le mal persista pendant plusieurs jours. Le lait nous avait été envoyé de Guaduas, par le docteur Roulin ; le courrier qui l'apporta fut gravement incommodé ; et sur la route, les habitants des maisons où le messager avait logé, éprouvèrent les mêmes accidents.

leur fauve. Abandonné à lui-même, le suc laiteux de l'*hura crepitans* donne tous les produits de la putréfaction du caséum. Il contient :

1° Une matière azotée analogue au gluten, ou au caséum,
2° Une huile vésicante,
3° Une substance cristallisée, ayant une réaction alcaline,
4° Du malate de potasse,
5° Du nitrate de potasse,
6° Un sel de chaux, malate ?
7° Un principe azoté odorant.

Opium. — Le suc laiteux qui, en se concrétant, fournit l'opium du commerce, s'obtient en pratiquant des incisions longitudinales aux capsules du pavot. L'opération a lieu avant la maturité du fruit, et après la chute de la fleur ; mais, par suite de ces incisions, on perd la récolte des graines. M. Hardy, en Algérie, a fait la remarque importante que, lorsque l'incision ne pénètre pas dans l'intérieur du péricarpe, la graine parvient à maturité et peut donner de l'huile. M. Aubergier a confirmé cette observation, et il pense qu'en prenant des précautions convenables on pourrait cumuler les produits de l'opium avec ceux de la récolte de la graine oléagineuse; mais, pour remplir cette condition, la seule peut-être qui rende possible, en France, la cueillette de l'opium, il faudrait renoncer à cultiver le pavot blanc à graines noires ; parce que, suivant cet observateur, dans cette variété la plus productive en huile, le péricarpe est tellement mince qu'il de-

vient difficile de l'inciser sans traverser l'endocarpe (1).

Le sucre concret est brun, résistant, d'une saveur âcre et amère, d'une odeur nauséabonde particulière. L'opium renferme une multitude de principes dont l'étude a exercé pendant longtemps la sagacité des plus habiles chimistes. C'est dans cette matière que Sertuerner a découvert le premier alcali végétal, la morphine, dans laquelle réside, en quelque sorte, la vertu du médicament. La quantité de morphine contenue dans l'opium varie de 4 à 18 pour 100.

Séve de l'arbre à caoutchouc. — Le caoutchouc se rencontre dans la séve de beaucoup d'arbres, et dans celle d'un grand nombre de plantes herbacées; mais l'*hœvea caoutchouc*, le *jatropha elastica*, propres à l'Amérique méridionale; le *ficus indica*, l'*artocarpus integrifolia*, dans les Indes orientales, fournissent le caoutchouc, aujourd'hui si répandu dans le commerce, et si heureusement utilisé dans les arts.

L'arbre à caoutchouc est surtout commun au Choco et dans les forêts de l'Équateur. Pour en extraire la gomme élastique, les Indiens incisent l'arbre jusqu'au-dessous de l'écorce; il en sort un lait abondant, qui reste fluide pendant assez longtemps, s'il est conservé à l'abri du contact de l'air. J'en ai vu transporter à de grandes distances, dans des vases de bois hermétiquement fermés. Étendu en

(1) Aubergier, *Annales de chim. et de phys.*, t. XX, 3e série.

couche peu épaisse, il se coagule promptement, et acquiert l'élasticité caractéristique du caoutchouc. L'action de l'oxygène de l'air pourrait bien intervenir pour déterminer cette coagulation, à moins que ce que je vais rapporter soit l'effet d'une évaporation prompte de l'eau de la séve. J'ai souvent fait une petite incision sur le tronc d'un hævea; à l'instant il en découlait du lait qui, en raison de sa viscosité, descendait vers le sol en conservant une certaine épaisseur. Ce lait restait d'abord très-fluide; mais, après environ une ou deux minutes d'exposition à l'air, il se coagulait subitement, à tel point, qu'en enlevant le suc coagulé par sa partie inférieure, j'obtenais un long ruban de caoutchouc parfaitement élastique.

Dans la Guyane, les Indiens façonnent le caoutchouc sous la forme de ces poires si communes dans le commerce : pour cela, ils préparent un moule en terre; ils enduisent ce moule en le trempant dans le lait fraîchement extrait de l'arbre, le laissent coaguler, ce qui a lieu très-promptement, surtout si, comme on le pratique quelquefois, on l'expose à la fumée. Cette première couche coagulée, on continue à en mettre successivement jusqu'à obtenir l'épaisseur convenable. Le moule est ensuite brisé et retiré par fragments de l'intérieur de l'enveloppe de caoutchouc déposée à sa surface.

Les ouvriers de Quito, fort habiles pour travailler le caoutchouc, en font des souliers, des bottines, en l'appliquant à l'état laiteux sur des formes con-

venablement disposées. Ils rendent aussi les tissus imperméables, en l'étendant au même état entre deux étoffes; le lait interposé se coagule et forme une lame mince très-élastique, et de beaucoup préférable au caoutchouc appliqué à l'aide de dissolvants.

Les Indiens du Choco se procurent quelquefois cette substance en abattant l'arbre, et recevant le lait, qui coule alors par torrents dans de grands moules en bois, formés ordinairement par une tige creuse de guaduas. En laissant le moule ouvert, la masse laiteuse se coagule au bout de quelque temps. Plusieurs de ces masses de caoutchouc, que m'avaient apportées des Indiens *Chami*, présentaient peu d'élasticité; leur couleur était d'ailleurs extrêmement foncée. Il est vraisemblable qu'en opérant ainsi, le suc laiteux se trouve mêlé avec une très-grande quantité de la séve intérieure, beaucoup moins laiteuse.

Des arbres, désignés dans la vallée de la Magdalena sous le nom de caoutchouc, et qui cependant ne sont ni l'hævea, ni le jatropha, donnent également un suc coagulable, qu'on peut confondre avec la gomme élastique; c'est, comme je m'en suis assuré, du caoutchouc uni à une très-forte proportion de cire ou de résine; aussi est-il très-peu élastique.

M. Faraday a trouvé dans le lait de l'hævea:

Sur 100 parties :

Eau	56
Caoutchouc	32
Matières animales (albumine végétale)	2
Substance azotée amère soluble dans l'eau et dans l'alcool	7
Une substance soluble dans l'eau et l'alcool (sucre)	3
	100

Le caoutchouc purifié est formé de :

Carbone	87,5
Hydrogène	12,5
	100,0

Séves gommeuses et résineuses. — On doit placer dans cette division la séve des arbres donnant de la gomme par l'incision de leur tronc, comme l'*acacia vera*, l'*acacia arabica*, qui croissent en Arabie, et dont on extrait la gomme arabique. L'acacia du Sénégal fournit également une espèce de gomme. En général, dans les pays très-chauds, les mimosa produisent abondamment des matières gommeuses.

La séve élaborée des conifères et des térébinthacées consiste principalement en matière résineuse, dissoute dans une huile essentielle formée de carbone et d'hydrogène, semblable ou analogue à l'essence de térébenthine. Les baumes du Pérou et de Tolu s'obtiennent en incisant l'écorce des arbres. Dans le Choco, où j'ai vu pratiquer, sur les arbres de Tolu, de nombreuses incisions sur la partie inférieure du tronc, le baume coule lentement à raison de sa consistance : il ne contient pas sensiblement d'eau.

Séves sucrées. — La séve du *fraxinus ornus* et celle du *fraxinus rotundifolia* donnent, par leur épaississement, de la manne.

La séve d'un assez grand nombre de palmiers renferme une quantité considérable de matières sucrées. A Java, par exemple, on extrait du sucre cristallin de l'*arenga saccharifera*. Dans plusieurs localités, le suc des palmiers est soumis à la fermentation pour préparer des liqueurs vineuses.

Le *cocos butyracea* (*palma de vino*) est extrêmement commun dans la vallée de Rio-Grande de la Magdalena. Sa séve renferme, d'après l'examen assez superficiel que j'en ai fait, du sucre, une matière azotée, et quelques sels solubles.

Par la fermentation, elle produit une liqueur vineuse assez alcoolique pour être enivrante. Pour se la procurer, les naturels de *Benadillo* commencent par abattre le palmier, en ayant soin, lorsque l'arbre est couché, de lui donner une légère inclinaison, du sommet vers le pied; ensuite ils font, vers la base du tronc, un trou d'une capacité de huit à dix litres, dont ils ferment l'orifice avec des feuilles. Le tissu ligneux paraît contenir peu d'humidité; cependant, dix ou douze heures après l'opération, la cavité est pleine d'un liquide, d'une odeur vineuse fortement prononcée, et d'une saveur aigrelette, due probablement à l'acide carbonique qui se dégage en abondance. Ce vin est assez agréable. Un palmier de quinze à vingt mètres de hauteur, et dont le tronc vers la base a de cinquante à soixante centimètres de diamè-

tre, fournit de douze à dix-huit litres de vin en vingt-quatre heures, durant dix à douze jours. Il y a de l'avantage à ne pas laisser séjourner trop longtemps le vin lorsqu'il est rassemblé, par la raison qu'il s'aigrit très-promptement.

Le sucre est loin d'être la seule substance utile que donnent les palmiers. Il est plusieurs de ces arbres qui étonnent par l'importance et la généralité de leurs applications ; et ce n'est pas sans motifs que les missionnaires ont souvent désigné le palmier sous le nom de l'arbre de la Providence, de *pain de la vie*. Tel est surtout le moriche (*cocos mauritia*), qui croît dans les savanes de l'Apure et de l'Orénoque ; ses jeunes pousses servent d'aliment ; dans ses fruits encore verts, on trouve une nourriture farineuse, et lorsqu'ils sont parvenus à l'état de maturité, ils donnent de l'huile en abondance. On fait des hamacs, des toiles, avec la partie fibreuse de l'écorce du moriche ; les jeunes feuilles servent à fabriquer des chapeaux, des nattes, des voiles pour les embarcations; un tissu naturel qui enveloppe les fruits procure aux Indiennes un vêtement qui n'exige aucune façon ; la séve fermente et donne du vin ; le tronc, avant la fructification, renferme une moelle amylacée dont on fait du pain : cette moelle, en se putréfiant, fait naître une multitude de gros vers blancs, que les Indiens Caraïbes recherchent comme un mets des plus délicats ; enfin, la charpente ligneuse du mauritia est un excellent bois de construction.

Il n'est pas nécessaire de pousser plus loin l'énumération des principes créés par les végétaux; nous devons maintenant les étudier sous le rapport de leur composition élémentaire.

CHAPITRE IV.

COMPOSITION DES PRINCIPES ÉLABORÉS PAR LES PLANTES.

Dès la première période de la vie végétale, pendant la germination, les principes immédiats qui constituent la graine, sont détruits ou modifiés. En développant ses organes, la jeune plante crée de nouvelles matières qui s'ajoutent aux tissus déjà existants pour les compléter ou les étendre. Afin de se rendre compte des productions ou des transformations qui s'opèrent dans l'organisme, il convient d'étudier d'abord la nature intime et les caractères généraux des matériaux qui en font partie. Malheureusement, dans l'état actuel de la science, cette étude est encore peu avancée; et malgré les efforts de la physiologie chimique, tentés dans ces derniers temps, il reste encore de nombreuses et importantes questions à résoudre.

Le carbone, l'hydrogène, l'azote, réunis dans quelques cas à de faibles quantités de soufre ou de phosphore, sont les seuls éléments dont la nature dispose pour créer cette variété presque infinie de substances végétales, si différentes par leurs propriétés, par leurs

usages. Dans l'aliment qui entretient la vie des animaux, comme dans le poison actif qui la détruit, on retrouve toujours ces mêmes corps élémentaires, associés dans les proportions les plus diverses.

On peut diviser les principes immédiats du règne végétal, en trois groupes, si on a égard au nombre des éléments qui les constituent en corps :

1° *Les corps quaternaires*, contenant : carbone, hydrogène, oxygène, azote ;

2° *Ternaires*, contenant : carbone, hydrogène, oxygène ;

3° *Binaires*, contenant : carbone et hydrogène, ou carbone et oxygène, ou carbone et azote.

C'est par l'examen des principes immédiats des graines, qu'il convient d'aborder l'étude de la composition des végétaux ; d'autant plus, que nous retrouverons ces mêmes principes répandus dans les organes des plantes. Dès lors, une fois que nous aurons bien établi leurs propriétés et leur composition élémentaire, il suffira de les signaler là où ils peuvent se rencontrer dans l'organisme.

§ 1. — Principes azotés quaternaires des végétaux.

On savait depuis fort longtemps que plusieurs semences contenaient de l'azote, par la raison qu'on pouvait en extraire des matières azotées à peu près semblables à celles qu'on retire des tissus des animaux. M. Gay-Lussac énonça ce fait de la manière la

plus générale, en établissant que toute semence renferme un principe abondant en azote (1).

Les matières animales azotées donnent, quand on les chauffe en vase clos, un produit ammoniacal. Or pour se convaincre de la généralité du principe posé par M. Gay-Lussac, il suffit de soumettre à la même opération une semence quelconque.

A la vérité, on n'obtient pas toujours immédiatement une liqueur ammoniacale ; le riz, par exemple, quand il est chauffé dans une cornue, donne un produit à réaction acide ; mais il est facile d'y démontrer la présence de l'ammoniaque par l'addition de la chaux qui met à l'instant même l'alcali volatil en liberté. Les pois, les haricots, en un mot toutes les légumineuses jusqu'ici essayées, produisent directement une liqueur à réaction très-alcaline. Ces différences dans les produits de la distillation sèche des graines s'expliquent très-naturellement. Abstraction faite de l'enveloppe, on peut considérer une graine comme formée de deux parties ; l'une non azotée, ayant une composition ternaire, et fournissant par l'action de la chaleur un liquide à réaction acide ; l'autre, de composition quaternaire, azotée par conséquent et donnant une liqueur ammoniacale, en sorte que la réaction acide ou alcaline du produit dépend réellement de la prédominance de l'une de ces deux parties sur l'autre.

La substance animalisée s'extrait assez facilement

(1) Gay-Lussac, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LIII, p. 110, 2e série.



de certaines semences, aussi la connaît-on depuis fort longtemps. Dans le froment cette substance s'y trouve sous des états sensiblement différents.

Si, après avoir formé une pâte avec de la farine de blé, on la soumet à l'action d'un mince filet d'eau, en ayant soin de la malaxer continuellement, l'amidon est entraîné par le lavage; et il reste dans les mains de l'opérateur une matière grisâtre, très-élastique, d'une odeur fade toute particulière : c'est le gluten des chimistes. Par cette simple manipulation, on fait une analyse imparfaite sans doute, mais qui suffit dans beaucoup de cas, pour apprécier la qualité de la farine sous le rapport de sa richesse en gluten, substance que l'on considère avec raison comme la partie essentielle des éléments nutritifs qui entrent dans la farine des céréales.

L'eau de lavage, après avoir passé sur le gluten, ne tarde pas à s'éclaircir, en laissant déposer la fécule accompagnée de quelques lambeaux de la matière animalisée. Si, après avoir décanté cette liqueur éclaircie, on la fait bouillir, on voit apparaître des écumes blanches coagulées comme du blanc d'œuf cuit, et offrant d'ailleurs les caractères de l'albumine animale. L'eau dans laquelle l'albumine s'est solidifiée, contient nécessairement toutes les substances solubles de la farine. En l'évaporant, elle laisse des matières analogues à la gomme, et quelques traces de sels.

A l'exception de l'amidon, qui renferme très-peu de matières étrangères, les diverses substances obtenues par le lavage, sont loin d'être à l'état de pureté.

J'ai dit que les graines contiennent toujours des corps gras ; or, dans l'opération que je viens de décrire, aucune matière huileuse n'a été mise en évidence. Comme une semblable matière ne saurait se rencontrer en quantité notable dans l'amidon, ni dans les substances solubles dans l'eau, il faut qu'elle reste avec le gluten ; c'est ce qui a lieu, et il est facile de l'enlever, au moyen de l'éther.

Voici, d'après MM. Dumas et Cahours, la composition des principes azotés du froment, desséchés à 140° centig. (1).

	Carbone.	Hydrogène.	Azote.	Oxygène, soufre et phosphore.
Albumine.	53,2	7,1	16,4	23,5
Glutine.	53,3	7,2	15,9	23,6

Le soufre et le phosphore ne comptent que pour une très-faible quantité dans le chiffre qui exprime l'oxygène.

Légumine. — On rencontre dans les végétaux, une substance azotée différente des précédentes, que M. Braconnot a signalée le premier dans les graines de la famille des légumineuses. La *légumine* joue un rôle important dans l'alimentation des animaux. On l'obtient de la manière suivante :

Les semences, préalablement concassées, sont mises à digérer dans l'eau tiède pendant deux ou trois heures. On les écrase ensuite dans un mortier ; sur la pulpe, on verse environ son poids d'eau froide ; après

(1) Dumas et Cahours, *Annales de Chimie et de Physique*, p. 390, 3e série.

une heure de macération, on exprime à travers une toile. Par le repos, le liquide exprimé dépose de la fécule. On passe pour avoir la liqueur entièrement éclaircie, et l'on y ajoute peu à peu de l'acide acétique étendu de huit à dix fois son poids d'eau. Par l'addition de l'acide, il se forme un précipité très-blanc, floconneux, de légumine, qu'on recueille sur un filtre ; on lave avec de l'eau. Après le lavage, la légumine est traitée par l'alcool ; ensuite on la fait sécher ; on la pulvérise pour la mettre en digestion dans l'éther, afin de la débarrasser de toute la matière grasse. La précipitation par l'acide acétique doit être faite avec précaution, car un des caractères de la légumine est de se dissoudre dans l'acide acétique d'une certaine force.

La légumine précipitée d'une dissolution concentrée, par l'acide acétique faible, a un aspect nacré, chatoyant. Les moyens que l'on met en usage pour la priver de matière grasse indiquent suffisamment qu'elle est insoluble dans l'alcool et dans l'éther. L'eau froide dissout, au contraire, la légumine.

TABLEAU.

Composition de la légumine provenant de diverses semences (1).

	D'AMANDES DOUCES.	D'AMANDES DE PRUNES.	D'AMANDES D'ABRICOTS.	DE MOUTARDE BLANCHE.	DE NOISETTE.	DES POIS.	DES LENTILLES.	DES HARICOTS.
Carbone . .	50,9	50,9	50,7	50,8	50,7	50,5	50,5	50,7
Hydrogène.	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,9	6,7	6,8
Azote	18,8	18,6	18,8	18,6	18,8	18,2	18,2	17,6
Oxygène . .	23,6	23,8	23,8	23,9	23,8	24,4	24,6	24,9
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Ce sont très-probablement ces mêmes composés azotés, ou tout au moins des substances qui en diffèrent peu, que l'on trouve réparties dans l'ensemble d'un végétal. Ainsi, selon M. Payen, les liquides nourriciers, en s'élevant depuis les extrémités radicellaires jusqu'aux dernières limites des feuilles, charrient un principe azoté, l'accumulent dans tous les organes naissants, en même temps qu'ils le déposent sur toute l'étendue des conduits qu'ils parcourent. On pouvait alors supposer que dans cette dernière situation, la substance azotée s'associait à d'autres matières à constitution ternaire pour former des membranes et des tissus. Or, dans les organes des nombreuses espèces étudiées sous ce rapport, M. Payen

(1) Dumas et Cahours, *Annales de Chimie et de Physique*, t. VI, p. 423, 3e série.

est parvenu à dissoudre par les alcalis, et à éliminer totalement la substance animalisée, sans produire sur ces organes, la moindre déchirure perceptible au microscope ; d'où il faut bien conclure que si cette substance accompagne partout et toujours les jeunes tissus des plantes, elle n'en fait cependant point partie intégrante (1). Ainsi, la matière animalisée semble garder une sorte d'indépendance vis-à-vis des organes qui la sécrètent, qui la contiennent ou qui la conduisent ; en un mot, elle paraît conserver une sorte de mobilité qui permet son déplacement. Il faut bien qu'il en soit ainsi ; car vers l'époque de la maturité, on voit la substance azotée se porter plus particulièrement vers les organes de la génération, et se condenser pour ainsi dire dans les semences. J'ai eu plusieurs fois l'occasion de m'assurer que le trèfle, la betterave, le navet, contiennent bien moins d'azote après avoir rendu leurs graines ; et tous les cultivateurs savent que, dans cette condition, les plantes fourragères sont de fort mauvais aliments pour le bétail.

Le *cambium*, cette matière globulo-cellulaire qu'on retrouve constamment là où le végétal tend à former du ligneux, renferme, suivant MM. de Mirbel et Payen, le même principe azoté de nature animale, mélangé avec des substances ternaires, dont la composition, comme nous le verrons bientôt, se représente, à très-

(1) M. Payen, *Mémoire sur les développements des végétaux*, p. 42.

peu près, par du carbone et de l'eau (1). A mesure que le tissu cellulaire se développe aux dépens du cambium, les matières animalisées tendent à s'éloigner de l'organe consolidé. Le départ de ces matières lors de l'accroissement des cellules explique très-bien comment le bois de cœur, dans les vieux arbres, contient à peine quelques millièmes d'azote, quand tous les organes récemment développés en renferment une proportion s'élevant quelquefois à plusieurs centièmes. A l'aide de l'analyse chimique, il est possible de suivre l'apparition ou l'éloignement de la matière azotée: ainsi, dans l'aubier et le bois, on la voi tdiminuer de la périphérie au centre ; on constate encore cette diminution dans les branches, en allant de leur extrémité jusqu'à leur point de jonction avec le tronc.

§ 2. — Principes immédiats à composition ternaire.

DE L'AMIDON.

L'amidon est renfermé dans les cavités des cellules végétales, sous la forme de petits grains blancs, qui n'offrent aucune structure cristalline.

Dès l'année 1716, Leuwenhœck reconnut que ces grains se présentent sous la forme de globules plus ou moins réguliers. Il crut apercevoir pour chaque globule une enveloppe, une espèce de sac différant par sa nature de la matière qui s'y trouvait con-

(1) De Mirbel et Payen, *Compte rendu de l'Académie des Sciences*, t. XVI, p. 98.

tenue. M. Raspail confirma par ses recherches les observations de Leuwenhœck ; de plus il chercha à apprécier le diamètre des globules, et arriva à cette conclusion que leur enveloppe est insoluble, et que la partie interne peut seule se dissoudre dans l'eau (1). Depuis, MM. Payen et Persoz ont établi que si réellement les globules d'amidon sont entourés d'un tégument, ce tégument n'existe qu'en quantité à peine appréciable, ne dépassant pas $\frac{1}{1000}$ du poids de la matière amylacée. Ces premiers travaux furent continués par M. Payen avec un zèle et une persévérance qui doivent lui assurer la reconnaissance des chimistes et des physiologistes. Il a soumis à l'examen microscopique un très-grand nombre de fécules ; les grains les plus gros qu'il ait observés, sont ceux d'une variété de pomme de terre, du *menispermum palmatum* et de la *canna gigantea*.

Les globules d'amidon ont souvent une forme d'apparence polyédrique, résultant de la pression qu'ils exercent réciproquement les uns sur les autres, dans les cellules des végétaux. Malgré une grande analogie de forme, les grains d'amidon d'espèces végétales diverses portent cependant une physionomie particulière ; mais un caractère commun au plus grand nombre des fécules, c'est de présenter des contours arrondis, lorsque leurs grains se baignent librement

(1) En 1812, Villars, dans un mémoire sur la structure de la pomme de terre, avait déjà évalué le volume des globules de différentes fécules.



dans un suc aqueux, lorsqu'ils ne sont pas accumulés, comprimés dans plusieurs cellules contiguës.

On a déduit de recherches microscopiques et chimiques, que l'amidon est homogène dans ses propriétés, comme dans sa composition; que ses globules sont formés de couches concentriques, la couche externe offrant exactement les mêmes caractères que les couches internes (1). A l'état normal, l'amidon est insoluble dans l'eau, comme dans l'alcool; il est très-extensible, et présente sous l'influence de certains agents une contractilité des plus remarquables.

Les fécules amylacées retiennent l'eau avec beaucoup de force; la quantité d'eau retenue varie d'ailleurs avec la température à laquelle a été effectuée la dessiccation. Ainsi, la fécule de pomme de terre, humide, poreuse, fortement comprimée, conserve encore 45 pour 0/0 d'eau : c'est la *fécule verte* des fabricants. L'amidon sec est très-hygrométrique : lorsque après une dessiccation préalable on le laisse séjourner dans une atmosphère saturée à 20° centigrades, il contient alors près de 36 p. 0/0 d'eau, et son volume apparent s'accroît dans le rapport de 1 à 1 1/2 : sous cet état l'amidon est d'une blancheur éclatante, et ses grains ont une telle adhérence, qu'ils offrent par leur réunion une masse assez plastique pour recevoir l'empreinte d'un cachet; cependant cet amidon, comprimé sur du papier, ne lui cède pas une trace d'eau visible; il est trop adhérent pour

(1) Fritzsche, *Annales de Poggendorf*, t. XXXII, p. 129.

être tamisé ; et quand on le jette sur une plaque chauffée à 125°, ses particules se réunissent aussitôt. La fécule du commerce contient 18 p. 0/0 d'eau ; elle est pulvérulente, bien qu'en la comprimant légèrement dans la main, il soit possible de la réunir en pelote. Après une dessiccation opérée à la température ordinaire, dans le vide sec, l'amidon ne retient plus que 10 p. 0/0 d'humidité, et il ne faut pas moins qu'une chaleur de 140° pour le dessécher complétement ; l'eau qu'il conserve à cette température appartient à sa constitution, et on ne peut la lui enlever qu'en le combinant avec les bases (1).

MM. Collin et Gaultier de Claubry ont découvert un caractère important de l'amidon, celui de donner une belle couleur bleue ou violette, par son union avec l'iode (2). Selon M. Payen, la couleur est d'autant plus intense, plus rapprochée du bleu pur, plus stable, que l'amidon est mieux agrégé ; l'effet de la désagrégation est de lui communiquer par l'action de l'iode, des nuances violettes virant de plus en plus au rouge. On voit la même fécule, au premier degré de son agrégation dans les plantes, prendre en présence de l'iode des nuances rougeâtres d'abord, violettes ensuite, et enfin d'un bleu bien déterminé (3).

M. Lassaigne a reconnu une propriété fort cu-

(1) Payen, Mémoire cité, p. 88.
(2) Collin et Gaultier de Claubry, *Annales de Chimie*, tome XC, p. 92.
(3) Payen, Mémoire cité, p. 105.

rieuse à la combinaison d'iode et d'amidon ; c'est que si après avoir déterminé la couleur bleue dans une liqueur amylacée, on vient à la chauffer à la température de 89° à 90°, la solution se décolore complétement pour reprendre sa teinte primitive par l'effet du refroidissement (1).

Cette propriété que possède l'amidon de bleuir au contact de l'iode, fait que l'un de ces deux corps devient un excellent réactif pour déceler la présence de l'autre. Toutefois, comme pour réagir dans cette circonstance l'iode doit se trouver à l'état libre, il est convenable, lorsque la couleur bleue ne se manifeste pas dans une solution où l'on soupçonne de l'iode, et dans laquelle on a introduit de l'amidon, d'ajouter quelques gouttes d'acide sulfurique pour décomposer l'acide hydriodique dans le cas où il pourrait exister.

On sait que si l'on délaye de l'amidon dans de l'eau bouillante, il en résulte de l'empois. Suivant M. Payen, ce changement dans l'état de la fécule est dû à un gonflement, une rupture, une désagrégation de ses grains. En chauffant, par exemple, 1 gramme d'amidon délayé dans 15 grammes d'eau, on reconnaît, à l'aide du microscope, que vers 60° cent. les grains les plus jeunes, ceux qui sont doués d'une moindre cohésion, ont absorbé beaucoup d'eau, et que l'expansion des parties internes a produit le déchirement d'un certain nombre de globules ; cepen-

(1) Lassaigne, *Journal de Chimie médicale*, t. IX, p. 510.

dant, à ce degré de température, on aperçoit encore des grains de fécule qui n'ont point atteint leur maximum de gonflement, et dont pour ce motif la substance n'est pas encore disséminée dans le liquide; ce n'est qu'entre 72° et 100° cent. que le maximum d'expansion devient général, et c'est alors que l'empois acquiert de la consistance (1).

J'ai exposé précédemment comment on peut extraire l'amidon et le gluten de la farine de froment. La méthode du lavage est passée depuis quelques années dans l'industrie. Aujourd'hui, en malaxant de la pâte dans de l'eau lentement renouvelée, on prépare à la fois, l'amidon dont il se fait une si grande consommation dans les arts, et le gluten qui est maintenant recherché comme un aliment précieux.

Quand on ne se propose pas d'extraire le gluten, on moud grossièrement le grain, que l'on délaye ensuite, dans de grandes cuves; on a soin d'ajouter une certaine quantité d'eau sûre provenant des opérations précédentes. La matière ainsi délayée éprouve bientôt la fermentation putride, le gluten de froment est détruit, la liqueur devient acide, et l'amidon se dépose. Au bout d'une quinzaine de jours, on décante le liquide acide, que l'on remplace par de l'eau fraîche, et l'on agite. Dès que la fécule s'est déposée, on décante de nouveau. On passe alors l'amidon à travers un tamis de crin,

(1) Payen, Mémoire cité, p. 96

qui retient le son le plus grossier. Après que le nouveau dépôt est opéré, on enlève l'eau qui le recouvre; le son fin que le tamis a laissé passer se trouve à la surface de la couche d'amidon ; il est facile de l'enlever. On délaye encore la matière, et on la jette sur un tamis de soie qui retient les parties les plus ténues du son. On moule en pains l'amidon ainsi purifié, on le fait sécher à l'air ; et quand il a acquis une consistance convenable, on le concasse en petits fragments pour faciliter sa complète dessiccation.

Fécule de pommes de terre. — On râpe les tubercules, après les avoir nettoyés par des lavages, afin de les débarrasser de la terre adhérente. On jette la pulpe sur un tamis, dans lequel arrive un courant d'eau; on remue continuellement jusqu'à ce que le liquide devienne limpide. La fécule entraînée se dépose dans des cuves placées au-dessous du tamis. On enlève l'eau, et l'on effectue encore deux ou trois lavages par décantation. L'amidon est soumis ensuite à la dessiccation. On pose d'abord les pains de fécule humide sur une aire absorbante, ordinairement formée avec du plâtre. Dans les grandes fabriques, la dessiccation se termine à l'étuve. Les eaux de lavages se putréfient promptement à cause de la matière azotée qu'elles renferment. Ce liquide fétide présentait jusqu'à ces derniers temps un grave inconvénient; on ne savait comment s'en débarrasser dans les féculeries, lorsque M. Dailly, un de nos praticiens les plus éclairés, eut l'heureuse idée de l'utiliser comme engrais.

Amidon du manihot. — Le manihot donne des racines très-volumineuses et très-riches en amidon. On les sort de terre peu de temps après que la plante a fleuri ; plus tard la fécule est moins abondante. Pour en extraire l'amidon, on suit exactement le procédé appliqué à la pomme de terre ; mais dans certains cas, il est prudent de multiplier les lavages, car il y a des racines de jatropha dont le suc est des plus vénéneux. Dans l'Amérique méridionale, on distingue le manioc en *yuca dulce* (douce) et *yuca brava* (méchante) ; cette dernière épithète s'appliquant au jatropha à suc vénéneux. Les deux *yuca* ne sont cependant qu'une seule et même espèce ; du moins un habile botaniste, M. Goudot, qui a résidé pendant de longues années en Amérique, n'a pu reconnaître aucune distinction spécifique entre ces deux variétés. Le principe nuisible de la *yuca brava* doit être très-volatil, ou facilement destructible par la chaleur, car on peut manger impunément la racine après qu'elle a été rôtie ; mais les animaux qui la consomment quand elle est crue, ne tardent pas à éprouver les plus graves accidents.

On prépare rarement de l'amidon avec le jatropha, bien que, dans les régions chaudes, cette racine soit fréquemment employée comme nourriture. C'est de la *yuca brava* que les Indiens retirent la *cassave*, qui remplace le pain dans leur alimentation. Dans les missions de Rio Meta, un des principaux affluents de l'Orénoque, j'ai vu préparer la cassave de la manière suivante : des femmes déchiraient les racines de manioc,

sur une râpe formée avec des fragments de silex, enchâssés à la surface d'un tronc d'arbre; la pulpe était mise ensuite à égoutter dans une longue passoire, en forme de boyau, et faite avec l'écorce entière provenant du dépouillement d'une espèce de ficus; le suc égoutté, on ajoutait un peu d'eau pour achever le lavage; le liquide sortait à peu près clair, sans entraîner une quantité notable d'amidon. Pour cuire la pulpe lavée, et en former des galettes de cassave, on l'étendait sur un plat de terre placé sur le feu; l'opération était terminée, lorsque la cassave était sèche, et légèrement rôtie à l'extérieur. Le pain de cassave est peu agréable, mais il jouit de la propriété de se conserver pendant longtemps malgré la chaleur et l'humidité; aussi, quand on navigue sur les grands fleuves, cet aliment est une provision indispensable.

Amidon de palmiers. — Aux Moluques, aux Philippines, dans les plaines de l'Apure, la moelle de certains palmiers donne une sorte de fécule; elle est desséchée, et tamisée en forme de grains : c'est le sagou du commerce.

La fécule amylacée, obtenue par les procédés que je viens d'indiquer, n'est pas d'une pureté absolue; en supposant même que de fréquents lavages l'aient débarrassée de toutes les substances solubles qui peuvent s'y trouver, elle doit encore retenir des matières grasses, des principes azotés, des substances colorantes. On purifie l'amidon en faisant suivre les lavages à l'eau, par l'action de l'alcool, de l'acide acétique et de l'ammoniaque. L'amidon, à son plus grand

état de pureté, et desséché à 100° cent., contient, d'après les analyses de M. Jacquelain :

Carbone...........	44,9
Hydrogène.........	6,3
Oxygène...........	48,8
	100,0 (1)

Par une légère torréfaction, la fécule amylacée subit une notable modification; elle devient soluble dans l'eau et présente alors les propriétés de la gomme (2). Ainsi torréfiée elle la remplace même dans plusieurs applications ; cependant on ne saurait la confondre avec la gomme, sous le rapport chimique. Les acides agissent avec plus ou moins d'énergie sur l'amidon, en donnant naissance à divers produits ; l'acide nitrique, quand il est affaibli par l'eau, se borne à le dissoudre; mais à un certain état de concentration, il exerce une action destructive. Dans cette réaction il se forme plusieurs acides, au nombre desquels se rencontre l'acide oxalique. En employant de l'acide sulfurique très-dilué, Kirchhoff est parvenu à changer l'amidon en une matière sucrée analogue à celle qui fait partie du moût de raisin (3). L'opération peut s'exécuter dans une bassine de plomb, d'argent, ou ce qui est préférable, dans des vases de bois, dans lesquels la masse

(1) Jacquelain, *Annales de chimie et de physique*, t. LXXIII, p. 181, 2e série.

(2) Vauquelin et Bouillon Lagrange, *Bulletin de Pharmacie*, t. III, p. 54.

(3) Kirchhoff, *Journal de Physique*, t. LXIV, p. 226.

liquide est chauffée par la vapeur. On délaye la fécule dans l'eau aiguisée par de l'acide sulfurique. Pour un kilog. d'amidon, on prend 4 kilog. d'eau, contenant 20 grammes d'acide du commerce. On fait bouillir pendant 36 heures, en ayant soin de remplacer l'eau à mesure qu'elle s'évapore; on agite continuellement avec une spatule, de manière à favoriser la dissolution; cette précaution est surtout nécessaire au commencement de l'opération. Lorsque l'ébullition est terminée, on sature l'acide par une addition de craie en poudre; on filtre la liqueur à travers une chausse de laine; on concentre jusqu'à consistance de sirop clair, et on laisse refroidir. Par le refroidissement, il se dépose du sulfate de chaux; on l'enlève, et l'on continue la cuite du sirop jusqu'à ce qu'il ait acquis une consistance convenable. En augmentant la dose d'acide sulfurique, on accélère la transformation de la fécule; sept à huit heures suffisent quand l'eau contient 1/10 d'acide.

On n'a pas encore donné une explication satisfaisante de la transformation de l'amidon en matière sucrée. L'acide employé ne paraît subir aucune modification, on le retrouve tout entier après l'opération. De Saussure croit que la réaction a pour résultat la fixation de l'eau; ainsi, 100 parties de fécule lui ont donné 110,40 parties de sucre (1).

Le gluten exerce sur l'amidon une réaction analogue à celle produite par les acides. Kirchhoff a

---

(1) Saussure, *Bibliothèque britannique*, t. LVI, p. 333.

découvert que sous l'influence des matières azotées qui se rencontrent dans la farine, la fécule se convertit en sucre (1). On délaye 2 parties d'amidon dans 4 parties d'eau froide ; en ajoutant ensuite 20 parties d'eau bouillante, il en résulte un empois épais, dans lequel on introduit une partie de gluten sec et en poudre; on maintient le mélange à la température de 60° centigrades : l'empois devient de plus en plus liquide; on peut filtrer au bout de six à huit heures. En concentrant, on obtient un sirop au milieu duquel on aperçoit du sucre en petits cristaux. On sait que pendant l'acte de la germination, il se produit de la matière sucrée fermentescible. Kirchhoff a conclu de ses expériences, que cette production de sucre est due à la réaction du gluten sur l'amidon. Une graine germée, le malt d'orge, par exemple, continue à réagir sur la fécule avec laquelle on le met en présence. C'est un fait bien connu des cultivateurs qui se livrent à la fabrication de l'eau-de-vie de pommes de terre.

Avant de soumettre les pommes de terre à la fermentation, on les fait cuire à la vapeur, on les écrase, et on y ajoute 3 p. 0/0 de leur poids d'orge germée réduite en farine. On délaye avec de l'eau chaude, de manière à communiquer à toute la masse une température d'environ 60° à 70° centigrades; on laisse reposer pendant deux heures, ensuite on étend d'eau. La masse délayée, si on agit sur 100 kilog. de pom-

(1) Kirchhoff, *Journal de Pharmacie*, t. II, 250.

mes de terre, doit occuper un volume d'environ 3 hectolitres, et conserver une température de 20 à 23° centigrades. On ajoute de la levûre de bière, la fermentation dure à peu près trois jours. Par la distillation de 100 kil. de tubercules, on obtient en moyenne 16 litres d'eau de vie à 50° de l'alcoograde centésimal (19° de Cartier). Pour la fermentation des grains, on emploie un dixième de malt d'orge. Le mélange de grains crus et de malt est concassé au moulin; on forme une pâte liquide avec de l'eau chaude, on laisse également reposer pendant deux heures; on étend avec de l'eau, on ajoute de la levûre; en un mot, on suit la marche indiquée pour les pommes de terre. Aussitôt après la macération du grain, ou des pommes de terre, on s'aperçoit de la transformation de la fécule; elle est devenue soluble et possède une saveur sucrée, et cette conversion se continue pendant la fermentation déterminée par la levûre de bière.

Ces faits, on le voit, ne sauraient être expliqués par l'expérience de Kirchhoff. Dans la fermentation de la pomme de terre, la masse de fécule à saccharifier est trop considérable, relativement à la quantité de gluten qui peut exister dans l'orge convertie en malt. De plus, le gluten, dans les grains non germés, exerce une action à peine appréciable. Le principe qui, dans les opérations précédentes, transforme l'amidon en sucre, doit donc se développer durant la germination. Ce point si important de l'art du distillateur a été discuté avec une rare sagacité par M. Du-

brunfaut (1), qui a parfaitement constaté l'action de l'orge germée sur la fécule.

Dans un empois assez épais, préparé avec 500 grammes d'amidon et 4 kilogrammes d'eau à la température de 69° centigrades, on mit 125 grammes d'orge germée et concassée ; après avoir agité le mélange, on le plaça dans une cuve chauffée à 56° centigrades ; un quart d'heure après, la masse se trouvait entièrement liquéfiée ; déjà elle possédait une saveur douce, qui devint très-sucrée au bout de deux heures. En agissant sur un empois plus fluide que le précédent, M. Dubrunfaut put obtenir par cette même méthode un sirop d'un jaune ambré, qui, laissé dans une étuve, se prit en une masse concrète analogue au sucre d'amidon. En faisant usage d'avoine, de seigle, de froment germés, la liquéfaction de l'empois s'opéra encore, mais moins complétement qu'avec le malt. L'orge crue donna des résultats incomparativement moins satisfaisants que les grains germés : l'empois se liquéfia beaucoup plus lentement, et la saccharification mit aussi plus de temps à se développer. Toutes les expériences tentées par M. Dubrunfaut ont d'ailleurs justifié la pratique, de la préférence qu'elle accorde à l'orge germée, pour disposer les grains ou la fécule à subir la fermentation alcoolique.

Par l'action de l'orge germée, l'amidon en se liquéfiant ne se transforme pas entièrement en sucre ;

(1) Dubrunfaut, *Mémoires de la Société royale d'Agriculture*, année 1823, p. 146.

il y a des produits distincts à considérer dans cette transformation. Le sirop sucré obtenu en concentrant l'empois liquéfié, renferme du sucre susceptible d'éprouver la fermentation alcoolique et une matière gommeuse, la dextrine. On peut séparer ces deux substances par l'alcool à 84° centésimaux, qui dissout le sucre et laisse la gomme intacte; on peut encore faire cette séparation par l'addition de l'alcool dans la dissolution qui renferme les deux matières : la dextrine se rassemble au fond du vase, et le principe sucré reste seul dissous. Les quantités respectives de dextrine et de sucre produites, sont variables, et dépendent à la fois de la température à laquelle on opère, et de la durée de la réaction. Dans la première phase de l'opération, la dextrine domine; aussi, quand on a en vue la préparation de cette substance, il est avantageux de faire cesser la réaction aussitôt après la liquéfaction de l'empois, après s'être convaincu à l'aide de l'iode, qu'il n'existe plus d'amidon en nature dans la dissolution. On peut donc obtenir à volonté, selon les usages auxquels on le destine, du sirop de fécule plus ou moins riche en principe sucré. Dans tous les cas, on fait usage d'orge germée, séchée à une basse température, moulue, et dans l'état où les brasseurs l'emploient ; il en faut de 5 à 10 parties pour réagir sur 100 parties de fécule. On met dans une chaudière 400 kilog. d'eau, en supposant que l'on opère sur 100 kilog. d'amidon : quand la température est portée à environ 27° centigrades, on délaye la farine

d'orge germée ; on chauffe jusqu'à 60° centigrades; on introduit alors la fécule, en agitant continuellement la masse avec un râble de bois. On s'applique à maintenir la température entre 65° et 70° centigrades ; il ne faut pas dépasser 75°. Au bout d'une demi-heure, le liquide s'éclaircit, il devient liquide comme de l'eau. Alors on élève rapidement la température à 90° ou 100° ; on laisse reposer ; on filtre et on évapore rapidement, en ayant soin de retirer les écumes. La liqueur est suffisamment concentrée quand elle s'échappe de l'écumoire en une large nappe. On verse le sirop dans des récipients où, par le refroidissement, il se prend en une gelée opaque. Pour préparer la *dextrine* sèche, on étend le sirop en couches minces à l'air, dans un séchoir. Quand on se propose d'obtenir un sirop de dextrine plus riche en principe sucré, tel que celui qui sert à la fabrication des liqueurs alcooliques, au *sucrage* des vins de qualités très-inférieures, on opère comme il a été dit, jusqu'au moment où la fécule est devenue soluble : à cette époque, on entretient la température de la masse entre 65° et 70°, pendant trois ou quatre heures, et c'est alors seulement qu'on porte la chaleur à 99° ou 100°. On achève d'ailleurs l'opération exactement de la même manière (1).

M. Dubrunfaut a observé que le sirop de dextrine contient d'autant plus de sucre, que l'amidon se

(1) Payen et Persoz, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LIII, p. 73, 2e série.

trouve délayé dans une plus grande quantité d'eau, toutes les autres circonstances restant d'ailleurs les mêmes. En employant 45 parties d'eau et 25 d'orge germée pour une partie de fécule, cet habile manufacturier est parvenu à transformer en sucre les 9/10 de l'amidon (1).

Dextrine pure.—Le moyen employé pour débarrasser la dextrine du sucre qui l'accompagne ordinairement, consiste à précipiter le sirop de fécule préalablement dissous dans l'alcool faible, par de l'alcool très-peu aqueux : la dextrine se sépare ; en réitérant huit ou dix fois de suite la dissolution et la précipitation, on parvient à l'obtenir entièrement pure. Amenée à cet état, elle se dessèche facilement quand on l'étend en couches de peu d'épaisseur, et elle n'adhère aucunement à la surface de la porcelaine ou du verre, ce qui n'arrive pas quand elle retient du principe sucré (2). La dextrine fortement desséchée et réduite en poudre, pèse spécifiquement 1,51. La densité de l'amidon pur est 1,51, celle du sucre de fécule 1,61 (3).

La dextrine séchée à 100° centigrades contient :

Carbone...........	44,3
Hydrogène.........	6,0
Oxygène...........	49,7
	100,0 (4)

(1) Guérin, *Annales de Chimie*, t. LX, p. 42, 2e série.
(2) Payen, Mémoire cité, p. 151.
(3) Idem, p. 169.
(4) Idem, p. 157.

composition identique avec celle de l'amidon.

Nous avons vu que l'eau aiguisée d'acide sulfurique transforme l'amidon en matière sucrée, et que sous ce rapport l'acide se comporte comme le fait l'orge germée. Comme l'orge germée, l'acide fait d'abord passer la fécule à l'état de dextrine; et en arrêtant à temps la réaction, il est possible d'obtenir cette substance, ainsi que l'ont démontré MM. Biot et Persoz (1). Qu'on triture, par exemple, de l'amidon avec de l'acide sulfurique concentré : si on délaye ensuite le magma avec la moitié de son volume d'eau, et qu'on le laisse en repos pendant une heure, on peut, au moyen de l'alcool, précipiter la presque totalité de l'amidon employé, à l'état de dextrine.

M. Payen a fait la remarque que l'amidon ne se rencontre jamais dans les tissus végétaux qui sont à l'état rudimentaire; les radicelles, les bourgeons foliacés, l'intérieur des ovules, en sont dépourvus. L'amidon ne se trouve pas davantage dans l'épiderme, dans les premières cellules des tissus sous-adjacents. Ce principe immédiat semble exclu des parties du végétal qui sont le plus directement exposées aux agents atmosphériques : on ne le rencontre qu'à une certaine profondeur, et les globules qui constituent l'amidon, augmentent en nombre et en volume dans les cellules les plus éloignées de la superficie. Les organes souterrains des plantes, certaines bulbes, la

---

(1) Biot et Persoz, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LII, p. 73, 2ᵉ série.

plupart des tubercules, sont ordinairement riches en fécule amylacée. On dirait que la lumière modifie à l'instant même cette substance, lorsqu'elle est soumise à l'influence vitale, et qu'elle ne se conserve que dans l'obscurité.

Sur les globules de certaines fécules, on aperçoit un point ou hile qui, selon quelques observateurs, servirait à fixer chaque globule aux parois des cellules qui renferment l'amidon. Il arrive souvent que le hile ne peut être distingué, même à l'aide des microscopes les plus puissants ; et, pour le mettre en évidence, il faut avoir recours à la dessiccation qui, en faisant éprouver un retrait à la masse globuleuse, laisse en saillie la partie qui porte le hile, à cause de sa plus forte cohésion. M. Payen ne pense pas que le hile soit un point d'attache permanent, qui lie le grain de fécule aux parois intérieures de la cellule. Il le considère comme étant l'orifice du conduit par lequel l'accroissement s'est effectué par intussusception. Pour appuyer cette opinion, M. Payen fait observer que dans un grand nombre de cellules végétales, particulièrement dans celles des pommes de terre, des rhizomes, les globules d'amidon se développent en quantité telle, qu'il est vraiment impossible que chacun d'eux soit uni directement à la paroi interne de la cellule (1).

(1) Payen, Mémoire cité, p. 183.

De l'inuline.

L'inuline, découverte par Rose dans l'*inula helenium*, présente certaines analogies avec l'amidon. Cette espèce de fécule constitue la plus grande partie de la matière solide des tubercules du topinambour et du dahlia. L'inuline se dissout dans l'eau bouillante; par le refroidissement elle se dépose en globules, qui, vus au microscope, paraissent diaphanes, adhérents, et réunis en chapelets. Quand on soumet de l'inuline sèche, enfermée dans un tube, à la température de 168°, elle fond complétement; par cette fusion, elle acquiert de nouvelles propriétés, elle est alors soluble dans l'eau froide et dans l'acool.

L'inuline est transformée en dextrine et en sucre par les acides minéraux; mais elle possède certaines propriétés qui permettent de la distinguer de la fécule amylacée. D'abord l'iode ne la colore pas; ensuite, l'acide acétique qui n'exerce aucune réaction sur l'amidon, se comporte avec l'inuline exactement comme le font les acides sulfurique, phosphorique, et hydrochlorique; enfin l'orge germée, dont la réaction sur la fécule est si prompte et si énergique, ne lui fait subir aucune modification; il est donc facile de séparer ces deux substances lorsqu'elles sont mélangées (1).

M. Payen a analysé l'inuline séchée à 105° cent., et après avoir été fondue à 168°. Sous ces deux états, elle présente la même composition :

---

(1) Payen, Mémoire cité, p. 175.

	Inuline à l'état normal.	Inuline fondue.
Carbone	44,6	44,6
Hydrogène	6,1	6,2
Oxygène	49,3	49,2
	100,0	100,0

On voit que c'est exactement la composition de l'amidon et de la dextrine.

On peut extraire l'inuline de l'aunée; il suffit de faire bouillir la racine de cette plante dans trois ou quatre fois son poids d'eau; par le refroidissement de la liqueur, l'inuline se précipite. Ainsi obtenue, elle est blanche, pulvérulente, et ressemble à l'amidon.

Du ligneux et de la cellulose.

La partie la plus solide des plantes, celle qui en forme en quelque sorte le squelette, est le bois dans les arbres, et la fibre ligneuse dans les plantes herbacées. On a cru pendant longtemps que l'on pouvait obtenir le ligneux chimiquement pur, en traitant les bois réduits en poudre fine, par divers agents ayant la faculté de dissoudre les matières gommeuses, résineuses et salines, qui s'y trouvent le plus communément associées. Mais dans ces derniers temps, on a fait voir que le ligneux ainsi préparé est formé réellement de deux substances ayant chacune une composition et des propriétés différentes. L'une, la *cellulose*, constitue le tissu des bois et de tous les organes des plantes; l'autre, le ligneux proprement dit, remplit, consolide en quelque façon les cellules. Cette distinc-

tion entre ces deux éléments essentiels à la constitution des bois fut d'abord établie d'une manière très-précise par M. Mohl ; mais c'est M. Payen qui a fixé l'opinion des chimistes et des physiologistes sur la véritable nature de ces principes (1).

En traitant par différents dissolvants le tissu végétal naissant, encore à l'état gélatineux, comme les ovules non fécondés des amandes, des abricotiers, etc., les poils du coton, la matière membraneuse du cambium, des concombres, les radicelles, les feuilles, les bois, etc., M. Payen s'est procuré la cellulose à l'état de pureté, et présentant une composition élémentaire presque identique, comme on peut le voir dans les analyses suivantes :

Composition de la cellulose desséchée à 160°.

	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.
Des ovules de l'amandier...........	43,6	6,1	50,3
Des ovules du poirier et du pommier.	44,7	6,1	49,2
De l'helianthus annuus.............	44,1	6,2	49,7
Moelle de sureau..................	43,4	6,0	50,6
Coton épuré deux fois..............	44,4	6,1	49,5
Cellulose des feuilles de chicorée endive	43,4	6,1	50,5
Des trachées du bananier...........	43,2	6,5	50,3
Du tissu intérieur de feuilles de l'agave.	44,7	6,4	48,9
Coton du peuplier de Virginie.......	44,1	6,5	49,4
Membranes purifiées du cœur de chêne.	44,5	6,0	49,5
Cellulose extraite du bois de sapin...	44,4	7,0	48,6
Périsperme du phytelephas.........	44,1	6,3	49,6
Cellulose des champignons de couches.	44,5	6,7	48,8

Ainsi le tissu primitif, le squelette du bois, est en-

(1) Dumas, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. VIII, p. 53.

core isomère avec l'amidon ; de la part des acides minéraux, la cellulose éprouve d'ailleurs une modification qui la rapproche encore de la fécule amylacée, car en la traitant par l'acide sulfurique on la transforme en dextrine et en sucre.

La composition de la cellulose diffère donc considérablement du ligneux obtenu du bois à l'aide des dissolvants ; en effet, le ligneux considéré comme pur contient :

	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	ANALYSTES.
Ligneux extrait : du bois de chêne	52,5	5,7	41,8	Gay-Lussac et Thénard.
du bois de hêtre.	51,5	5,8	42,7	Gay-Lussac et Thénard.
du buis........	50,0	5,6	44,4	Prout.
du saule.......	49,8	5,6	44,6	Prout.
du chêne......	49,7	6,0	44,3	Payen.

Le bois à l'état normal renferme donc plus de carbone que le ligneux obtenu par voie de purification, et cette dernière substance est aussi plus riche en carbone que la cellulose qui en fait nécessairement partie. Dans le ligneux purifié, la cellulose est évidemment associée à un principe qui remplit ses cellules, qui l'*incruste*, et c'est à cette matière que M. Payen a donné le nom de matière incrustante : c'est le ligneux proprement dit, c'est le corps qui communique au bois sa dureté, sa ténacité. Il domine dans les bois durs, dans les noyaux ; il répond au *duramen* des physiologistes. La matière incrustante constitue

presque en totalité les concrétions qu'on observe dans les poires *pierreuses*, dans le liége, et qui sont assez dures pour émousser les instruments tranchants. Comme cette matière incrustante est fragile, elle peut être broyée et il devient possible de la séparer du tissu qui l'environne, parce que ce dernier se déchire en fibres sous le pilon ; par le tamis, on peut obtenir la matière incrustante à peu près à l'état de pureté : il suffit de la traiter par l'alcool, par l'éther, pour lui enlever les substances grasses ou résineuses. D'après l'analyse de M. Payen, le ligneux exempt de cellulose contient :

Carbone...........	53,8
Hydrogène.........	6,0
Oxygène...........	40,2
	100,0 (1)

Abstraction faite des matières résineuses, des substances solubles dans l'eau, les tissus végétaux doivent nécessairement présenter une composition élémentaire comprise entre celle de la cellulose et celle du ligneux : ce sont là les limites extrêmes; et la composition de ces tissus sera d'autant plus riche en carbone, qu'ils contiendront moins de cellulose. La matière incrustante étant soluble dans les lessives alcalines, c'est en traitant les tissus ligneux par la soude ou la potasse qu'on parvient à se procurer la cellulose, beaucoup moins attaquable par ces agents.

Ces faits relatifs à la constitution chimique des bois

(1) Payen. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. VIII, p. 169

corroborent les observations antérieures recueillies par les physiologistes. C'est ainsi que l'on comprend mieux maintenant les changements que subissent les cellules végétales à mesure qu'elles s'accroissent et vieillissent : c'est par l'apparition de la matière ligneuse incrustante que leurs parois, d'abord minces, transparentes, incolores, s'épaississent, deviennent opaques et acquièrent de la consistance. En opérant des dissections, à l'aide de moyens purement chimiques, M. Payen s'est assuré que les tissus de tous les végétaux phanérogames ou cryptogames peuvent être ramenés à une substance unique, la cellulose, ayant une composition invariable et formant les utricules du tissu cellulaire. Cette matière se trouve à peu près à l'état isolé, dans les parois épaissies des cellules de plusieurs périspermes, tels que ceux du dattier, du dracæna. Il résulte des recherches microscopiques entreprises par MM. Payen et Adolphe Brongniart, que les matières ajoutées aux jeunes cellules ne se déposent pas sur la face interne de leurs parois, mais qu'elles pénètrent et s'insinuent dans leur tissu. Le rapport de la cellulose au ligneux, dans le développement des parois des cellules, varie nécessairement dans des limites fort étendues, puisque certains périspermes ne renferment que de la cellulose pure, tandis que les concrétions pierreuses de la poire et du liége sont composées presque en totalité de ligneux incrustant (1).

(1) Adolphe Brongniart, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t X, p. 941.

Le bois, dans l'acception la plus ordinaire de ce mot, est la partie solide du tronc et des branches; ses propriétés, ses usages, varient avec les espèces végétales qui le produisent. Le bois est plus dense que l'eau; et s'il est vrai qu'il flotte, quand il est en morceaux, cela provient de l'air qui en remplit les pores. La sciure de bois, la râpure de liége, descendent au fond de l'eau dès qu'elles sont suffisamment imbibées, quand l'air a été expulsé. La pesanteur spécifique des bois blancs réduits en poudre, comme ceux de l'érable et du sapin, est de 1,46; les essences les plus lourdes, comme le chêne et le hêtre, pèsent 1,53 (1). Par la raison ci-dessus indiquée, un volume de bois pris en masse pèse quelquefois moins qu'un égal volume d'eau.

Densités de différents bois, déterminées par Brisson.

Grenadier	1,35	Oranger	0,70
Gaïac, ébène	1,33	Cognassier	0,70
Buis	1,32	Orme, le tronc	0,67
Chêne de 60 ans, le cœur	1,17	Noyer	0,67
Néflier	0,94	Poirier	0,66
Olivier	0,92	Cyprés d'Éspagne	0,64
Mûrier d'Espagne	0,8	Tilleul	0,60
Hêtre	0,85	Noisetier	0,60
Frêne, le tronc	0,84	Saule	0,58
Aune	0,80	Thuya	0,56
If	0,80	Sapin mâle	0,55
Pommier	0,79	Peuplier blanc d'Espagne	0,52
Prunier	0,78	Sapin femelle	0,49
Erable	0,75	Peuplier	0,38
Cerisier	0,75	Liége	0,24

La connaissance de la densité des bois permet d'é-

(1) Berzélius, *Traité de Chimie*, t. VI, p. 123, traduction française.

valuer le poids des blocs dont on connaît le volume; mais quand on cube des bûches superposées, la densité réelle n'est plus d'aucune utilité dans la pratique. En moyenne, on établit que le stère de :

Chêne, hêtre, bouleau en grosses bûches, pèse	450 kil.
Sapin en grosses bûches.	325
Chêne ou tremble de charbonnage. .	225

Toutefois on ne doit pas perdre de vue que l'âge, le climat, la nature du sol ont de l'influence sur la pesanteur spécifique d'une même espèce de bois (1). Le bois, suivant les usages auxquels on le destine, se distingue en bois de chauffage, de construction, de teinture.

Immédiatement après leur abattage, les bois renferment encore une proportion d'eau considérable. D'après les expériences de Marcus-Bull, sur 100 parties de bois vert soumises à la dessiccation à 100°,

Le noyer perd.	37,5 parties.
Le chêne blanc.	41
L'érable.	48

En moyenne, on estime à 40 pour 100 l'eau contenue dans les bois verts. Par une exposition à l'air durant 8 à 10 mois, ils perdent, en séchant, 25 pour 100 de leur poids initial : c'est généralement dans cette condition que l'on emploie les bois comme combustibles. L'on voit qu'ils retiennent encore environ un quart de leur poids en eau, non-seulement ne

(1) Dumas, *Traité de Chimie*, t. I, p. 549.

concourant pas à produire de la chaleur, mais en dépensant au contraire une grande quantité pour passer à l'état de vapeur. Il y a donc un intérêt réel à n'employer pour le chauffage que des bois suffisamment secs; l'avantage en est tellement évident, que dans certaines usines on fait sécher dans des étuves le bois destiné à produire une chaleur intense (1).

De nombreuses analyses publiées par M. Chevandier dans un important travail d'économie forestière, font connaître la composition des divers bois. Chacun des échantillons était scié transversalement, de manière à ce que la sciure présentât des quantités d'écorce, d'aubier, etc., proportionnelles à celles contenues dans l'arbre. Les sciures analysées ont été desséchées dans le vide, à la température de 140°.

Composition moyenne des bois, cendres déduites.

DÉSIGNATION DES BOIS.	Carbone	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.	Cendres contenues dans 100 de bois sec.
Hêtre..........	49,89	6,07	43,11	0,93	1,24
Chêne..........	50,64	6,03	42.05	1.28	2,05
Bouleau.........	50,61	6,23	42,04	1.12	0,78
Tremble.........	50.31	6,32	42,39	0,98	1,86
Saule..........	51,75	6,19	41.08	0,98	3.67
Fagots de hêtre..	51,08	6 23	41,61	1,08	1,77
Fagots de chêne..	50,89	6,16	41,94	1,01	1,82
Fagots de bouleau.	51,95	6,31	40,69	1.07	1,32
Fagots de tremble.	51,02	6,28	41,65	1,05	2,98
Fagots de saule...	54,03	6,56	37,93	1,48	4,57

Les bois contenant du carbone, de l'hydrogène et

(1) Péclet, *Traité de la Chaleur*, t. I, p. 159. 1re édition.

de l'oxygène, dans de telles proportions que les produits définitifs de sa combustion peuvent être représentés par de l'acide carbonique et de l'eau, la chaleur dégagée pendant cette combustion dérive nécessairement de l'union des éléments combustibles du bois avec l'oxygène de l'atmosphère. Or, dans le cas particulier, l'hydrogène se trouvant déjà en présence avec la proportion d'oxygène exigée pour sa combustion, on peut le considérer comme brûlé, vu l'état de condensation où se trouve l'oxygène. La chaleur produite par le bois dépend donc, à très-peu près, de la quantité de carbone qu'il contient.

Les physiciens sont convenus d'appeler *unité de chaleur*, la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré du thermomètre centigrade, un kilogramme d'eau. Cette unité est désignée par le nom de *calorie* (1). Ceci posé, on comprendra facilement la table suivante dans laquelle sont consignés les résultats des expériences entreprises par Rumford, pour évaluer le pouvoir calorifique de diverses espèces de bois; ainsi, puisque 1 kilog. de tilleul a développé 3460 unités de chaleur, il s'ensuit que cette quantité de combustible serait capable d'élever de 1° centigrade, de porter, par exemple, de 10° à 11° centigrades, 3460 kilog. d'eau.

(1) Péclet, *Traité de la Chaleur*, t. 1, p. 156.

Chaleur dégagée par la combustion d'un kilogramme de bois (1).

ESPÈCES.	CALORIES, ou nombre d'unités de chaleur développée.
Tilleul, bois sec, de 4 ans......	3460
Idem, fortement desséché dans un poêle....	3960
Hêtre, bois sec de 4 ans..................	3375
Idem, fortement desséché dans un poêle.....	3630
Orme, sec, de 4 à 5 ans....................	3037
Chêne, bois à brûler......................	3550
Frêne, sec..............................	3075
Merisier, sec.......................... ..	3375
Sapin, sec, bois de menuiserie.	3037
Idem, fortement desséché sur un poêle......	3750
Peuplier, bois de menuiserie..............	3450
Idem, fortement desséché sur un poêle.......	3712
Charme, bois de menuiserie...............	3187
Chêne, sec....................	3300

Il résulte d'expériences faites par Clément, que le pouvoir calorifique du charbon est de 7050 unités de chaleur. Le bois sec contenant, comme nous l'avons vu, 52 pour 100 de carbone, on en déduit théoriquement que son pouvoir calorifique $= 3666$.

Marcus Bull s'est livré, en Amérique, à des observations suivies, pour déterminer les quantités relatives de chaleur dégagées par différentes espèces de bois. En discutant ces nombreuses observations, M. Péclet a été conduit à admettre que les bois secs ont sensiblement le même pouvoir calorifique, et qu'en outre : 1° La valeur calorifique d'un kilog. de

(1) Péclet, *Traité de la Chaleur*, t. 1, p. 162. 1re édition.

bois desséché par les moyens artificiels = 3500 unités de chaleur. 2° La même valeur d'un kilog. de bois, ayant de dix à douze mois de coupe, contenant 20 à 25 pour 100 d'eau, = 2600 unités (1).

Comme points de comparaison, je rappellerai ici le pouvoir calorifique des combustibles employés concurremment avec le bois.

1 kilogramme	de charbon de bois	produit	7226	unités	de chaleur.	
»	de houille	»	6010	»	»	
»	de tourbe	»	3005	»	»	
»	de charbon de tourbe	»	6400	»	»	(2)

Bien que les bois amenés au même état de dessiccation absolue soient, d'après les expériences de Bull, capables de produire sous le même poids, des quantités de chaleur à très-peu près égales, leur conformation, leur manière de brûler, ne les rendent pas également propres aux mêmes emplois. Comme le remarque M. Péclet, après une étude approfondie de toutes les questions qui se rapportent au chauffage, les bois durs, compactes, ne brûlent d'abord qu'à leur surface ; la chaleur, en se propageant au centre des bûches, en dégage des gaz inflammables qui se consument peu après l'introduction du bois dans le foyer, et bientôt il ne reste plus qu'une masse incandescente brûlant lentement et sans flamme. Les bois légers se comportent tout différemment : l'air les pénètre avec facilité, ils se déchirent d'ailleurs par l'action de la chaleur, et le charbon

(1) Péclet, *Traité de la Chaleur*, t. I, p. 174.
(2) *Idem*, t. I, p. 128.

qu'ils contiennent se consume, pour ainsi dire, en même temps que les gaz qu'ils émettent. On voit de suite, pourquoi dans les usines où l'on est dans la nécessité d'obtenir une température élevée, une flamme longue et incessante, on donne la préférence aux bois tendres. Là, au contraire, où une température moins intense est suffisante, quand le point de plus grande chaleur doit se trouver voisin du foyer, il y a avantage à consommer des bois durs (1).

La solidité des bois, leur durée, la facilité avec laquelle ils reçoivent les formes que l'industrie sait leur donner, en font une matière de première nécessité. Leurs qualités spéciales, telles que la résistance, la cohésion, l'élasticité, le poli qu'ils sont susceptibles de recevoir, décident du choix des essences dans les applications. Le chêne, si abondant dans les forêts des régions tempérées, est considéré avec raison comme un excellent bois de construction. La force, la beauté, dont sont douées certaines espèces, la propriété de résister pendant longtemps aux effets destructifs de l'eau et de l'atmosphère, le font nécessairement placer au premier rang. Il convient à la fois aux constructions maritimes, aux charpentes des édifices, aux travaux hydrauliques, à la confection des meubles.

Dans certaines contrées, le sapin est aussi très-employé ; il croît rapidement, et acquiert de grandes dimensions. Son bois réunit la force, la légèreté et

(1) Péclet, *Traité de la Chaleur*, t. I, p. 174.

l'élasticité. Le châtaignier, l'orme, le frêne, le charme, procurent des bois durables, qui remplacent assez souvent le chêne et le sapin. Les bois légers, comme le bouleau, le saule, le tilleul, à raison de la facilité avec laquelle on les travaille, sont presque exclusivement réservés pour la menuiserie.

Ce qu'on exige surtout des pièces destinées à la construction, c'est la grandeur de leurs dimensions. Comme données particulières aux arbres qui croissent sous le climat de la France, on peut adopter les nombres suivants :

ARBRES.	HAUTEUR ORDINAIRE du tronc.	DIAMÈTRE ordinaire.
	mètres.	centimètres.
Sapin	8 à 30	120
Mélèze		100
Peuplier	6 à 20	81
Pin	5 à 20	87
Platane		92
Chêne, orme		80
Bouleau, aune		75
Hêtre, alizier	5 à 15	72
Tilleul		66
Frêne		60
Saule		30
Marronnier	4 à 15	92
Châtaignier		72
Érable	3 à 15	72
Cormier	4 à 12	45
Acacia	4 à 8	49
Charme, merisier, pêcher		54
Sorbier, mûrier	3 à 7	42
Poirier sauvage		36
Pommier sauvage	2 à 6	33
Noyer	2 à 5	92 (1)

(1) Gourlier, *Dictionnaire de l'industrie manufacturière*, t. II, p. 400.

Ce sont là les renseignements que l'on possède sur les arbres européens parvenus au point de développement convenable pour être abattus. Les circonstances de sol étant égales, ces dimensions dépendent particulièrement de l'âge ; mais les mêmes espèces acquièrent quelquefois un accroissement extraordinaire, et je crois devoir réunir dans ce chapitre, les principaux faits recueillis sur la longévité et les dimensions auxquelles certains arbres peuvent parvenir.

Tout le monde a pu se convaincre de la rapidité avec laquelle croissent les arbres pendant leur jeunesse; mais cette croissance a-t elle une limite bien déterminée? et en approchant de cette limite, l'accroissement diminue-t-il comme cela arrive chez les animaux? Nous avons reconnu que, dans les climats où la végétation reste suspendue pendant une partie de l'année, l'augmentation du diamètre des arbres se fait périodiquement, par l'addition d'une couche concentrique de ligneux; de sorte qu'il est possible de juger de l'âge d'un arbre dicotylédone, par le nombre de ces couches concentriques, comptées à partir de l'axe du tronc.

Pour constater la valeur de l'accroissement des couches ligneuses aux époques diverses de la vie végétale, de Candolle a mesuré leur épaisseur; et il a vu que si l'augmentation annuelle du ligneux offre une certaine régularité, cette régularité est cependant loin d'être absolue, même pour une espèce unique. Le chêne présente surtout des anomalies frappantes : ainsi un tronc dont la croissance en diamètre avait eu

lieu avec lenteur, a crû plus rapidement en vieillissant. Ce savant botaniste a observé de jeunes arbres de la même espèce, dont la croissance, d'abord très-lente, s'est ensuite accélérée pour se ralentir durant une troisième période de leur existence. De l'ensemble de ces observations, de Candolle conclut : que les arbres les plus communs en Europe croissent avec une certaine rapidité jusqu'à l'âge de cinquante à soixante-dix ans ; et qu'à partir de cette époque, leur accroissement en devenant moins prompt, reste régulier jusqu'à l'extrême vieillesse. Suivant cet observateur, les inégalités de développement qu'on remarque dans les couches ligneuses seraient dues à ce que la moyenne des racines de l'arbre aurait pénétré dans des zones de bons ou de mauvais terrains ; ou bien encore à cette autre circonstance, que l'individu sur lequel on porte les mesures, aurait été débarrassé du voisinage d'arbres qui avaient crû dans le même sol. Quant à la diminution constante dans l'accroissement des couches ligneuses que les arbres éprouvent toujours lorsqu'ils sont arrivés à un âge déterminé, de Candolle en verrait la cause, et dans la plus grande profondeur à laquelle seraient parvenues les racines, qui, plus éloignées de l'air, prospéreraient moins ; et à l'obstacle matériel que l'écorce, à la fois plus vieille, plus sèche et plus résistante, opposerait au développement du tronc. M. Knight assure, par exemple, que de vieux poiriers, après qu'ils eurent été débarrassés de la partie extérieure de leur écorce, formèrent plus de bois dans l'espace de deux étés,

qu'ils n'en avaient créé durant les vingt ans qui précédèrent cette opération (1).

Dans les climats équinoxiaux, les forêts produisent une multitude d'arbres gigantesques, et dont un très-grand nombre pourraient être utilisés; malheureusement, les renseignements positifs que nous possédons sur les bois de ces régions sont fort incomplets. La consommation du bois de charpente est nécessairement restreinte, dans des pays où une population peu considérable est répandue sur la surface immense d'un territoire dont les voies de communication sont difficiles; aussi, dans le plus grand nombre de localités, on emploie les essences que l'on a sous la main; cependant dans les villes, où déjà il faut aller chercher des matériaux à une certaine distance, l'expérience a indiqué ceux dont les qualités offrent une compensation aux dépenses occasionnées par leurs transports. Dans la *Nueva Granada* on fait souvent usage dans les constructions et pour la confection des meubles, du *diomate* (l'*astronium graveolens?*), connu dans le commerce sous le nom de bois de Sainte-Marthe. On le recherche pour sa dureté; en beauté il surpasse l'acajou; sa couleur est plus foncée. Comme dans tous les bois très-durs, l'aubier du *diomate* présente une teinte très-différente de celle du cœur, qui est rouge et nuancée de veines fortement colorées, surtout dans la proximité des nœuds. M. Goudot a mesuré un tronc de cet arbre, qui avait $1^m,6$ de

(1) De Candolle, *Physiologie végétale*, p. 975.

diamètre, l'aubier compris, et 32 centimètres en bois de cœur. On voit des clochers d'églises formés avec des poutres de diomate, qui résistent aux intempéries depuis plus d'un siècle. Cet arbre croît dans les terrains arides des régions les plus chaudes. Il est rare de l'observer à une élévation de 450 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Le cédron (*cedrela odorata*), sans doute à cause de son odeur aromatique, n'est jamais attaqué par les insectes ; cette précieuse propriété fait qu'il est très-estimé comme charpente, ou comme bois de menuiserie ; la plupart des canots avec lesquels on navigue sur les grands fleuves, sont taillés dans des blocs de cet arbre ; on en fait aussi des ustensiles de ménage, des plats (*bateas*) pour les laveurs d'or et de platine. Le cédron prend un développement considérable ; M. Goudot en a mesuré un dans la forêt du Quindiu, qui avait 46 mètres de hauteur, et $1^m,9$ de diamètre. Dans les montagnes, cet arbre occupe une zone beaucoup plus large que le diomate ; on le trouve entre 1,000 et 2,000 mètres d'élévation absolue : circonstance qui, d'après mes observations, donnerait comme limites extrêmes de la température des lieux qu'il habite, 19° à 24° centigrades.

Le *nogal* (*juglans...?*) produit un bois très-apprécié dans l'ébénisterie. Il croît dans les Cordillières, à des hauteurs comprises entre 2,000 et 3,000 mètres. (Temp. 20° à 14° centigrades.) Le bois du nogal est d'un brun assez foncé rappelant la couleur du noyer d'Europe

L'*escobo* est fort abondant dans les régions tempérées des montagnes; il appartient à la famille des laurinées; on en fait des planches et des poutres; son bois se détériore assez promptement. Le *pino* (*taxus montana de Wildenow*) est un des grands arbres qui se rencontrent sur les sommets des Andes, à 3,000 et 3,500 mètres de hauteur; il donne des charpentes de bonne qualité.

L'*arayan*, le *guayacan* (*myrthicæ*), fournissent des bois très-utiles, très-durs, susceptibles de prendre un poli parfait. Ils conviennent particulièrement pour faire les cylindres des moulins à sucre. Le *caracoli* (*anacardium caracoli*), les figuiers (*iguerones*), sont des arbres qui atteignent une hauteur et une grosseur extraordinaires; leur bois est blanc, léger, de peu de durée; on en fait de canots, des grands réservoirs pour entreposer le jus de la canne à sucre. Divers arbres qui appartiennent aux *ardisiacæ*, *rutaceæ*, *saxifragæ*, *salicaræ*, etc., fournissent aussi des bois de construction, plus ou moins estimés.

Sous les tropiques, les arbres offrent souvent un luxe de végétation qui frappe d'étonnement les voyageurs européens. Dans la vallée de la Magdalena, à San-Luis, près Ibagué, M. Goudot a vu un *ceiba* (*bombax pentandrum*), âgé d'environ soixante ans, dont le tronc a 8 mètres de circonférence, le feuillage couvre une surface circulaire de 39 mètres de diamètre : c'est à l'ombre de ce ceiba que se tient le marché du village.

Les belles vallées d'Aragua, dans Venezuela, pos-

sèdent un arbre d'une grande célébrité : c'est le fameux *zamang del guayre,* qu'on aperçoit à plus d'une lieue de distance, et à l'ombre duquel je me suis reposé, le 24 janvier 1823, en allant de Turmero à Maracay. Selon M. de Humboldt, le *zamang* est une belle espèce de mimosa; ses branches forment une cime hémisphérique de 187 mètres de circonférence; elles s'étendent comme un vaste parasol, et inclinent vers la terre dont leurs extrémités restent éloignées de 3 à 5 mètres; le tronc de cet arbre extraordinaire a 19^{m},5 de hauteur, et 2^{m},9 de diamètre. Le zamang, par les souvenirs qui s'y rattachent, est un objet de vénération pour les Indiens; depuis qu'on l'observe avec attention, cet arbre ne paraît pas avoir changé d'aspect; les premiers conquérants de Venezuela semblent l'avoir trouvé dans le même état où il est aujourd'hui (1). A l'époque où M. de Humboldt mesurait le zamang de Turmero, un côté de son branchage était entièrement dépouillé de feuilles; vingt ans plus tard, je l'ai trouvé complétement vert, mais les feuilles des branches exposées au sud étaient moins abondantes, moins vigoureuses que les autres.

Au Mexique, dans la ville de Toluca, l'*arbol de manitas* (*cheirostemon*), révéré par les indigènes à cause de son antiquité, serait, d'après la tradition, antérieur à la conquête (2).

(1) Humboldt, *Voyage aux régions équinoxiales*, t. V, p. 140.

(2) De Candolle, *Physiologie*, p. 986.

Le *dragonnier* d'Orotava est aujourd'hui l'un des plus anciens monuments du monde. M. de Humboldt lui donne 5^{m},2 de diamètre. Sa hauteur, dérteminée par M. Ledru, est de 20 mètres. Lors de la découverte de l'île de Ténériffe, en 1402, le dragonnier avait les dimensions qu'il possède actuellement (1).

Le *mahogoni*, ou bois d'acajou (*cedrelæ mahogoni*) est un arbre d'une très-longue durée. A la Jamaïque, il atteint environ deux mètres de diamètre ; M. Hooker affirme qu'il faut qu'un mahogoni soit âgé de deux siècles pour donner une quantité suffisante de bois de cœur. Le courbaril (*hymenæa courbaril*), un des plus grands arbres des Antilles, produit comme l'acajou un bois très-dur, et tout aussi recherché pour l'ébénisterie ; il atteint souvent 6 mètres de diamètre (2).

Le *baobab* (*adansonia digitata*) parvient à la vieillesse la plus extrême. Adanson en a observé un aux îles du cap Vert, dans le tronc duquel on a retrouvé une inscription écrite par deux voyageurs anglais, trois siècles auparavant. Cette inscription était recouverte par 300 couches ligneuses. D'après les observations recueillies par ce voyageur sur la croissance de divers baobabs, on a essayé de former une table qui indique les progrès de la végétation et l'âge probable de cet arbre.

(1) Humboldt, *Études de la nature*, t. II, p. 31.

(2) De Candolle, *Physiologie*, p. 1002.

Age du baobab.	Diamètre du tronc.	Hauteur.
1 an,	0,03	1,6
20 ans	0,32	5,0
30	0,65	7,1
100	1,30	9,4
1000	4,50	18,8
2408	5,85	20,8
5150	9,75	23,7

De Candolle a fait remarquer que cette durée des baobabs est d'autant plus surprenante, que le bois de cet arbre est tendre, et souvent carié. D'un autre côté, il faut convenir que l'énormité de la base relativement à la hauteur, donne au baobab une stabilité que l'on ne trouve dans aucun arbre, et qui lui permet de résister aux ouragans les plus violents (1).

On peut douter, je crois, de la réalité des âges assignés aux baobabs d'après les observations d'Adanson. Il est facile de s'égarer dans des évaluations de cette nature; les irrégularités que présente souvent la croissance des arbres plantés dans le même sol, n'inspirent pas une grande confiance dans les déductions tirées de la grosseur du tronc, quand on ne peut pas compter les couches concentriques. Comme preuve de ce que j'avance, je puis présenter des observations recueillies par M. le gouverneur de la Guyane française, sur la croissance de deux baobabs plantés en 1821 dans le jardin botanique de Cayenne. En 1842, on a trouvé (2) :

(1) De Candolle. *Physiologie*, p. 100.

(2) *Bulletin des séances de la Société royale d'agriculture*, t. III, p. 5.

	mètres.		mètres.
N° 1. Longueur de la tige, du sol aux premières branebea....	2,35	Dismètre à la base..............	1,65
		Id. à la naisasnee des branebes...	1,23
N° 2. Idem......................	3,30	Diamètre à la base...............	0,81
		Id. à la nsissance des branches..	0,46

Sur l'arbre n° 2 les branches étaient peu dévelop- pées et nullement en rapport avec la grosseur du tronc.

Le *cyprès chauve* (*taxodium distichum*) est très-abondant au Mexique, et dans la partie méridionale des États-Unis; à Chapultepec, il existe un de ces arbres, appelé *el cyprès de Montezuma*, parce qu'il passe pour avoir végété sous le règne de ce prince. En 1831, il était encore en pleine vigueur; son tronc avait alors une circonférence de 12^{m},5. Un autre cyprès, qui se trouve aujourd'hui à Santa-Maria de Tesla, près Oaxaca, à l'ombre duquel, selon une tradition, se serait abrité Fernand Cortez, a 12 mètres de tour, et 32 mètres de hauteur. Michaux a mesuré dans les Florides, des *taxodium* dont les dimensions se rapprochent assez des précédentes (1).

Nous n'avons que des données incertaines sur l'âge que peuvent atteindre les palmiers; leurs dimensions sont cependant assez bien connues. En Égypte, au rapport de M. Delille, les dattiers ont ordinairement une hauteur de 20 mètres. Dans les Andes du Quindiù, on a mesuré des *ceroxylon audicola*, dont le tronc avait 60 à 70 mètres. M. Martius assigne aux plus grands palmiers du Brésil les dimensions que voici (2) :

(1) De Candolle, *Physiologie*, p 100.
(2) Martius, *Voyage au Brésil*.

	Hauteur totale.	Diamètre.
Œnocarpus batàna..........	26 mètres.	0,32
Euterpe oleracea............	39	0,23
Euterpe edulis..............	32	0,18
Iriartea exorhiza............	29	0,32
Guilielma speciosa...........	28	0,19
Cocos oleracea..............	23	0,32
Cocos nucifera..............	23	0,22

Parmi plusieurs palmiers (*arica alcacera*) plantés en 1821 dans le jardin botanique de Cayenne, le plus élevé avait, vingt ans après, 14^{m},70 de hauteur, comptés du sol à la naissance de la couronne; 0^{m},92 de diamètre à la base; le diamètre, mesuré à 2 mètres au-dessus du terrain, n'était plus que de 0^{m},64. Au reste, M. le gouverneur de la Guyane a donné des ordres pour assurer la conservation de ces palmiers et des baobabs, de sorte qu'on pourra suivre avec une grande exactitude l'accroissement de ces arbres, dont on connaît avec certitude l'époque de la naissance (1).

Les arbres particuliers à l'Europe présentent aussi des individus très-remarquables, sous le double rapport de la longévité et des dimensions. On cite un ormeau qui se trouvait sur la promenade de Morges, et dont l'âge, déduit du nombre des couches ligneuses, devait approcher de 335 ans; son tronc avait près de 5^{m},5 de diamètre. Le tilleul, dans les régions tempérées, est susceptible d'acquérir un développement considérable. Celui qui fut planté à Fribourg, pour célébrer le gain de la bataille de Morat, en 1476, avait en 1831 une circonférence de 4^{m},46. On con-

(1) *Bulletin de la Société royale d'agriculture*, t. III, p. 5.

naît près de la même localité, à Villars-en-Moing, un autre tilleul plus ancien que le précédent, puisqu'il était déjà célèbre par sa grosseur en 1746; en 1831, cet arbre présentait une circonférence de 11^{m},7; sa hauteur était de 22^{m},7.

Le tilleul de Neustadt n'est pas moins curieux par sa grandeur, l'extension de ses branches, et les dates historiques qui s'y rattachent. Si on s'en rapporte à d'anciens documents, cet arbre devait déjà être très-fort en 1229. Il est dit dans un poëme écrit en 1408, que ce tilleul est soutenu par 67 colonnes; en 1664, il fallait 82 piliers en pierre, pour en supporter les branches, et en 1831, le nombre de ces soutiens s'élevait à 106. La circonférence du tronc, à environ deux mètres au-dessus du sol, a été trouvée par M. Trembley, de 11^{m},87. Une ancienne mesure, prise 150 ans auparavant, avait donné à très-peu près le même nombre, résultat qui indique que dans un siècle et demi, le tronc du tilleul de Neustadt n'a point éprouvé d'accroissement perceptible; on lui donne l'âge de 7 à 800 ans. Les vieux tilleuls sont au reste assez communs dans toute l'Europe. Je citerai encore celui du château de Chaillé, près de Melles; en 1804, il avait 15 mètres de circonférence.

Le hêtre (*fagus sylvatica*) croît rapidement dans sa jeunesse; mais dans un âge plus avancé cette croissance devient extrêmement lente. Deluc a vu en 1818, près de Genève, plusieurs de ces arbres, dont le tronc avait de 4^{m},4 à 5 mètres de circonférence. De Candolle a mesuré un mélèze (*laryx europæa*) âgé de 255 ans,

dont le tronc offrait un diamètre de 1m,78. Un mélèze de 54 ans avait un diamètre de 1m,02, selon Pœderlé (1).

Le châtaignier du mont Etna aurait, selon les voyageurs, 58m,5 de tour. Cet arbre serait alors le plus gros de tous ceux décrits jusqu'à ce jour; mais l'on soupçonne que ce fameux châtaignier est formé par la réunion de plusieurs troncs soudés ensemble, émanant d'une souche commune. On cite encore comme remarquables par leur grosseur, les châtaigniers :

De Sainte-Agathe, ayant	22m,7	de circonférence (2).
Della Nave............	29m,8	id.
De Glocester.........	16m,2	id.
De Sancerre..........	9m,7	id.

Le platane est un des plus gros arbres des climats tempérés. Un voyageur qui a visité la vallée de Bujukderé, près de Constantinople, en a rencontré un de 29 mètres de hauteur, et dont le tronc, creusé intérieurement jusqu'au niveau du sol, présentait une circonférence de 48m,2. Un platane venu dans le Norfolk, et âgé de 31 ans, avait, selon Hunter, 2m,37 de circonférence. Les cyprès parviennent à une très-grande vieillesse. Il en existe dans le jardin du palais de Grenade, qui ont plus de trois siècles. A la Somma, près de Milan, on montre un cyprès qui avait en 1794, 5m,2 de circonférence (3).

Une tradition établit qu'un oranger du couvent de

(1) De Candolle, *Physiologie*, p. 988.

(2) *Idem*, p. 992.

(3) *Idem*, p. 994.

Sainte-Sabine, à Rome, a été planté par saint Dominique, en 1200; cet arbre existe encore. L'oranger de Versailles, connu sous le nom de *François premier*, a un peu plus de trois cents ans. En 1804, on montrait dans l'orangerie de Bonn, des arbres âgés de trois siècles, et dont les troncs avaient 78 centimètres de circonférence (1). J'ai eu l'occasion d'observer en Amérique des citronniers très-vieux, d'un développement considérable; j'estime que le tronc de plusieurs de ces arbres avait près de 7 décimètres de diamètre.

Un érable (*acer pseudo-platanus*), du village de Trons, dans les Grisons, âgé aujourd'hui de plus de 500 ans, a $2^m,7$ de diamètre.

On connaît plusieurs chênes qui ont de 800 à 1000 ans. Hunter en a observé un, encore très-vigoureux, de $3^m,5$ de diamètre. Evelyn, dans l'énumération qu'il a faite des plus gros chênes connus de son temps, en Angleterre, en cite un à Welbecklane, qui devait avoir 860 ans; le diamètre de sa base était de $3^m,9$.

Un olivier de Pescio, décrit par Picconi, a $7^m,7$ de circonférence, et doit être âgé d'environ sept siècles.

Le cèdre du Liban se plaît dans les terrains suffisamment perméables. Selon M. Paul de Vibray, la croissance de cet arbre est plus rapide que celle de la plupart des autres conifères. On donne aux cèdres venus sur le Liban, mesurés en 1574 par Nauwolf, et plus tard par Labillardière, en 1787, près de 1000 ans d'existence. De Candolle pense que

(1) De Candolle, *Physiologie*, p. 999.

cet âge est exagéré, et en contradiction avec des observations faites sur des arbres dont l'époque de la naissance est connue avec certitude. Voici des mesures prises par divers observateurs :

	Age.	Circonférence.	
Cèdre de Chelsea..........	83 ans.	3m,66	
de Paris............	40	2m,14	selon Thouin.
le même............	83	2m,87	Loiseleur.
des environs de Londres.	200	4m,88	Hunter.
idem...............	113	4m,27	Hunter.
du Liban...........	600?	11m,12	Maundrel.
de la Sologne........	30	1m,62	de Vibray.

L'if (*taxus baccata*) produit un bois dur et peu altérable. On possède sur l'âge et les dimensions de l'if, des données assez certaines :

Localités.	Age probable.	Circonférence.	Observateurs.
If du comté de Yorck.....	1220 ans.	8m,61	Pennant.
Même localité..........	1220	4m,22	Id.
du comté de Surrey....	1287	9m,18	Evelyn.
de Fortheringal (Écosse)	2580	19m,00	Pennant.
du comté de Kent......	2800	19m,08	Evelyn.

Selon Duhamel, il est fort difficile d'adopter une règle qui indique l'âge auquel il convient d'abattre un arbre, pour en retirer le plus grand profit comme bois de construction. Lorsque le bois est trop jeune, il n'a point encore acquis toute sa perfection ; quand il est trop vieux, ses pores sont obstrués, il commence à se détériorer précisément par les parties les plus anciennement formées, et il n'est pas rare alors de trouver au centre du tronc, du bois réellement plus léger qu'à la circonférence. Dans les

arbres déjà parvenus à un certain degré de caducité, c'est le bois du centre pris à leurs pieds, qui est décidément le plus mauvais; et l'on reconnaît sur toute la longueur du tronc, que le bois du centre est inférieur en qualité à celui qui a été formé plus récemment. Ces bois une fois mis en œuvre, dépérissent toujours par les fibres qui ont appartenu aux couches internes de l'arbre. C'est d'après Duhamel une faute grave, que de laisser sur pied un arbre qui a déjà donné des signes de dépérissement, puisque la partie la plus précieuse est exposée à tomber en pure perte. L'âge, les dimensions, sont des indices qui ne suffisent pas toujours pour décider s'il est opportun d'abattre les arbres, parce que l'exposition, la situation, le sol, ont une trop grande influence sur leur vigueur, leur développement et leurs qualités. On doit les couper quand ils sont sur le retour. Le moment le plus propre est celui qui précède immédiatement l'altération du cœur; et bien que les effets destructifs de la vieillesse se fassent principalement sentir dans l'intérieur, cette dégradation intestine se manifeste cependant au dehors; toute l'habitude de l'arbre en souffre (1).

Duhamel a donné les caractères suivants, comme marque du retour, et d'un manque de vigueur (2):

1° Un arbre dont les branches supérieures forment une cime arrondie, a peu de force. Quand, au contraire, un arbre est vigoureux, on aperçoit tou-

(1) Duhamel, *de l'Exploitation des bois*, t. I, p. 126.
(2) *Idem*, t. I, p. 133.

jours certaines branches qui s'élèvent beaucoup au-dessus des autres.

2° Quand les arbres se garnissent de bonne heure au printemps ; quand surtout les feuilles jaunissent en automne, et tombent prématurément, c'est encore un signe certain d'affaiblissement.

3° Un arbre doit être réputé peu vigoureux, quand il *se couronne*, c'est-à-dire lorsque plusieurs branches meurent vers le haut ; car ce caractère indique avec certitude, que le bois du centre commence à s'altérer.

4° Quand l'écorce se détache du tronc, ou qu'elle se sépare de distance en distance, par l'apparition de gerçures, on doit être convaincu que l'arbre est dans un état de dégradation très-avancé.

5° Les mousses, le lichen, l'agaric, fixés sur l'écorce; les taches rousses ou noires dont elle est recouverte, font toujours soupçonner une altération du bois.

6° L'écoulement de la séve, par des gerçures qui existent dans l'écorce, indique la mort prochaine des arbres.

En France, les taillis de bois *feuillus* sont généralement coupés à l'âge de 20 ou 30 ans. Dans les futaies, l'abattage porte communément sur des arbres de 100 à 130 ans, en laissant quelquefois, selon les exigences, des aménagements, des réserves, destinés à atteindre l'âge de 200, et 250 ans.

L'opinion des forestiers est que pour effectuer les coupes, il faut choisir l'époque de l'année où la séve est dans le plus grand état de repos, ou celui où

elle se trouve en moindre quantité dans les arbres. Pour le climat de la France, le temps fixé par l'ordonnance de 1669, portant règlement sur les bois et forêts, est depuis le mois d'octobre jusqu'à la fin de mars. Les expériences faites par Duhamel tendent à établir que cette époque n'est pas celle où les arbres renferment le moins de liquide séveux; des coupes faites en d'autres saisons que celles indiquées par l'ordonnance, ont donné des résultats très-satisfaisants. Tout bien considéré, dit cet illustre agronome, il faut s'en tenir aux lumières qu'on peut tirer des observations. Ainsi Duhamel a conclu de nombreuses recherches, qu'il y a autant de séve en hiver qu'en été; et que c'est dans le printemps et dans la saison chaude, que les arbres se dessèchent le plus promptement. Des arbres abattus en été se sont mieux conservés que ceux qui l'avaient été pendant l'hiver. Les bois provenant des coupes faites dans ces deux saisons opposées, ont offert la même résistance; et il a été constaté que l'époque de l'abattage n'a aucune influence sur leur durée, et leur conservation (1). Ce qui décide surtout, en Europe, à faire les coupes pendant l'hiver, c'est qu'alors les attelages nécessaires aux transports sont moins occupés dans les fermes; les plus mauvaises routes deviennent d'ailleurs praticables, parce qu'elles sont endurcies par la gelée, et en outre il est plus facile de réunir des travailleurs.

(1) Duhamel, *de l'Exploitation des bois*, t. I, p. 400.

Ce fut pour encourager les tanneries, qu'en Angleterre, en 1603, on défendit d'exécuter les coupes durant la morte saison, sous peine de confiscation des arbres abattus, ou d'une amende double de leur valeur; on crut toutefois devoir établir une exception en faveur des bois destinés à certains services publics. L'écorce monta depuis à un prix tellement élevé, que le plus grand nombre des coupes eut lieu au printemps; cet usage devint bientôt si général, que l'amirauté se vit dans la nécessité d'offrir une forte prime, pour engager les exploitants à abattre en hiver le chêne propre à l'architecture navale. Dès le dix-septième siècle, les habitants du comté de Stafford cherchèrent à réunir les bénéfices du commerce des écorces, au profit de la prime offerte par l'administration, en écorçant sur pied les chênes, durant le printemps, pour les abattre l'hiver suivant.

Buffon et Duhamel prouvèrent qu'en dépouillant les arbres de leur écorce, deux ou trois ans avant de les couper, on rend l'aubier presque aussi dur que le bois de cœur. La recommandation de ces illustres académiciens n'a pas été suivie en France; mais depuis 1770, les Hollandais ont pratiqué cette méthode, qui a été adoptée dans les forêts royales de l'Angleterre (1).

C'est un fait incontestable, que la nature du sol influe considérablement sur la rapidité de la croissance, et sur la qualité du bois. Un chêne, un orme,

(1) Dupin, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XVIII, p. 276, 2e série.

dont l'accroissement aura eu lieu dans une terre humide, seront moins durs, moins denses que les mêmes essences venues dans un terrain sec. Duhamel a reconnu que, bien que les arbres originaires d'un fond marécageux soient fort imprégnés d'humidité, ils sont cependant plus légers que ceux de même nature venus dans un terrain moins humide. Leur aubier est très-épais comparativement au bois fait; et comme ils sont très-cassants, ils se prêtent difficilement aux contours qu'on est obligé de leur faire prendre, soit dans les constructions navales, soit dans la confection des futailles; leurs pores étant d'ailleurs larges, ouverts, et dépourvus de cette espèce de vernis qui revêt ceux des bons bois, ils sont perméables et peu convenables pour la fabrication des douves. Ces bois tendres et poreux, que les ouvriers nomment creux et gras, ne conviennent nullement pour les ouvrages exposés aux intempéries; mais on en fait de belle menuiserie, et ils présentent même pour cette destination certains avantages. D'abord ils sont d'un travail facile, ensuite ils ne se *tourmentent* point comme les bois plus compactes, et ils se gercent peu. C'était certainement dans le but de mettre les arbres à l'abri de cet excès d'humidité si nuisible à la qualité des bois de construction, que les Romains, au rapport de Vitruve, les entouraient d'une tranchée, six mois avant de les abattre (1).

Les arbres qui ont crû dans de bonnes terres suf-

(1) Duhamel, *Exploitation des bois*, t. I, p. 46.

fisamment égouttées, ont une écorce fine, et l'aubier peu abondant. A la vérité les couches ligneuses sont moins épaisses que celles qui se forment en présence d'une humidité surabondante, mais elles sont beaucoup plus denses et plus adhérentes entre elles; leur structure est aussi plus uniforme. Le bois de cette origine a un grain fin, serré; ses pores sont petits et bien remplis de manière incrustante. Cette compacité dans leur structure les rend très-pesants, alors même qu'ils sont secs; et avec le temps ils acquièrent une grande dureté, ce qui contribue à les préserver de l'attaque des insectes. Duhamel estime, d'après ses propres expériences, que la différence de densité des bois venus dans un terrain marécageux ou dans un sol convenable et un peu sec, est, dans quelques circonstances, comme 5 est à 7. Ces bois denses supportent un poids considérable; mais quand ils sont desséchés, ils sont très-peu flexibles sous la charge, et par la surcharge ils se rompent en grands éclats, ce qui n'a pas lieu avec les bois *creux* et *gras*, qui cassent net. Malgré l'inconvénient que présentent les bois doués d'une certaine compacité, d'être très-sujets à se fendre et à se tourmenter en se desséchant, ce sont cependant ceux que l'on doit préférer pour les pièces qui doivent résister à des frottements, par la raison qu'ils ne se dépècent pas comme les bois dont les couches ligneuses n'adhèrent point fortement entre elles.

Si les terrains humides sont défavorables à la production des bonnes essences recherchées dans les

constructions, cela doit s'entendre uniquement des arbres qui peuvent se développer dans les sols les plus variés. Les terres marécageuses sont, au contraire, très-propices aux arbres qui, par leur nature, se plaisent dans le voisinage de l'eau; ce sont des essences qu'on estime généralement plus par la hauteur qu'ils atteignent, que par leur solidité et leur durée.

Les terres arides et trop sèches ont aussi leurs inconvénients pour la culture forestière. Il est rare que dans cette situation, les arbres puissent acquérir une taille qui permette de les utiliser dans les travaux de quelque importance (1). Au reste, l'homogénéité absolue ne se rencontre presque jamais dans une pièce de bois. Les couches ligneuses d'un même arbre, selon qu'elles ont été formées dans une année sèche ou pluvieuse, chaude ou tempérée, se ressentent de ces influences météorologiques. Leur épaisseur, leur densité, sont des plus variables; et en les examinant isolément avec une attention particulière, on trouve de ces couches ligneuses semblables à celles qui constituent les bois qui ont crû dans les terrains les plus opposés par leur constitution (2).

On doit à M. E. Chevandier des faits très-intéressants sur la production forestière dans les montagnes des Vosges. Les observations ont été recueillies sur deux futaies : l'une située dans le canton des Fesches, comprenant une surface de 40 hectares 29 centiares;

(1) Duhamel, *Exploitation des bois*, t. I, p. 69.
(2) *Idem*, t. I, p. 57.

l'autre dans le canton de Sandwæch a une contenance de 16 hectares. Dans une période de 69 ans et en tenant un compte exact de la réserve au moment de la dernière coupe, les fesches ont produit :

	STÈRES.	STÈRES par hectare.	Accroissement annuel par hectare.
			stères.
Quartiers de hêtre...	18915	469,47	6,804
Rondinage de hêtre...	5036	125,00	1,811
Quartiers de chêne....	990	24,57	0,356
Rondinage de chêne..	371	9,21	0,183
Bois blancs.........	333	8,26	0,120
	25645	636,51	9,274
Petits fagots.........	239521 (1)	5945 (1)	6 (1)

Le Sandwæch, dans une période de cinquante-huit ans, a fourni :

	STÈRES.	STÈRES par hectare.	Accroissement annuel par hectare.
			stères.
Quartiers de hêtre....	5864	366,50	6,319
Rondinage de hêtre...	1698	106,12	1,829
Quartiers de chêne...	838	52,37	0,903
Rondinage de chêne..	265	16,56	0,286
Bois blancs..........	260	16,25	0,280
	8925	557,80	9,617
Petits fagots.........	105940 (1)	6621 (1)	114 (1)

(1) L'unité est ici, le cent de fagots ; le cent de fagots équivaut à peu près à un stère.

Afin de pouvoir apprécier la quantité réelle de bois produit par la forêt, M. Chevandier, par des expériences multipliées, a déterminé le poids du stère des différentes essences mentionnées dans les tableaux précédents, en supposant une dessiccation complète du bois.

	Poids du stère de bois sec.
Quartiers de hêtre	374 kilogr.
Rondinage de hêtre................	304
Quartiers de chêne.................	366
Rondinage de chêne................	270
Quartiers et rondins, bois blancs.....	294
Rondinage, brins de bouleau, saule..	311
Le cent de fagots...................	300

A l'aide de ces données on trouve que sur un hectare de forêt, il se développe annuellement, d'après les résultats des fesches, 357 quintaux de bois sec ; d'après les résultats du Sandwæch, 372 quintaux ; c'est, en bois parfaitement sec, le produit annuel, le produit exportable d'un hectare de forêt dans les montagnes des Vosges. Il est à remarquer que ce produit annuel en matière végétale, par un hectare du sol forestier, est inférieur à la quantité d'herbe supposée sèche, qu'on retire annuellement d'un hectare de certaines prairies.

La dessiccation des bois et leur conservation sont des points de la plus haute importance. Les arbres sur pied contiennent une grande quantité d'eau. Immédiatement après leur abattage, cette humidité se dissipe, rapidement d'abord, et beaucoup plus lentement ensuite. Cette dessiccation graduelle est nécessairement favori-

sée par la chaleur et l'état de sécheresse de l'atmosphère; elle est, au contraire, ralentie, entravée par le froid et l'humidité. Il arrive un moment où le bois ne varie plus sensiblement par une exposition prolongée à l'air; ou du moins cette variation, qui se fait tantôt dans un sens et tantôt dans un autre, est tout à fait subordonnée aux vicissitudes hygrométriques de l'atmosphère. Le bois a perdu dès lors toute l'eau qu'il peut abandonner par ce moyen de dessiccation, on le considère comme propre aux constructions; il est *saisonné*, pour employer l'expression technique.

Cette dessiccation du bois vert est souvent préparée par des immersions dans l'eau. C'est, en effet, un usage fort répandu que celui de tenir le bois plongé dans l'eau douce, pendant un temps plus ou moins considérable. On a prétendu que l'immersion favorise le desséchement des arbres, en dissolvant les sels déliquescents ou solubles de la séve. Quoi qu'il en soit de cette opinion, il est incontestable que dans les pays chauds, il est avantageux de mettre les bois sous l'eau, pour les empêcher de se fendre par suite d'une dessiccation trop rapide. Les Vénitiens plongeaient dans la mer le bois de chêne destiné à la construction de leurs vaisseaux. On assure que l'orme et le hêtre s'améliorent beaucoup par leur séjour dans l'eau, particulièrement dans l'eau salée, et que par une immersion préalable on leur assure une dessiccation parfaite par l'action de l'air (1).

(1) Knowles, *Annales maritimes et coloniales*, année 1825.

M. John Knowles, qui a étudié les moyens les plus universellement employés pour le *saisonnage*, rapporte des expériences entreprises dans les arsenaux de Deptford et de Woolwich, pour déterminer les progrès de dessiccation des bois, soit dans l'air, soit dans l'eau. Les pièces étaient placées verticalement, tantôt dans la situation qu'ils avaient occupée lors de leur croissance, tantôt dans une position renversée. Contre l'attente générale, on trouva que les bois posés dans leur situation naturelle, se dessèchent plus vite, toutes circonstances égales d'ailleurs, que dans la situation inverse. Il est résulté de ces expériences : 1° que les pièces de bois sont mieux *saisonnées* quand on les tient pendant trente mois en plein air, mais à l'ombre et à l'abri de la pluie ; 2° qu'elles perdent une plus grande partie de leur poids primitif, après six mois d'immersions et de dessiccations alternatives, qu'en séjournant sous l'eau pendant le même espace de temps. Les constructeurs pensent généralement qu'il est convenable de ne faire usage du bois que trois ans après qu'il a été abattu (1).

Duhamel recommande, lorsqu'il s'agit de constructions, de rejeter rigoureusement les matériaux provenant d'arbres déjà sur le retour ; d'autant plus, que l'altération du bois de cœur échappe souvent à l'examen le plus attentif, pour se manifester plus tard, quand il s'est écoulé un temps suffisant après l'abattage. C'est là sans aucun doute un précepte dont il

(1) Dupin, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XVII, p. 277.

est prudent de se souvenir; mais le bois ne porte pas toujours avec lui le germe prochain de sa destruction. Celui qui est réputé le plus sain, celui qui a été *saisonné* avec les soins les plus minutieux, n'échappe pas davantage, quand il est placé dans des circonstances défavorables à sa conservation.

Les bois périssent par trois causes principales, qu'il est possible d'apprécier, et qui toutes les trois exigent pour se développer une condition semblable, celle d'un air chaud, stagnant et suffisamment humide. Comme la généralité des matières organisées, le bois quand il est mouillé, en présence de l'oxygène de l'air, et sous l'influence d'une température convenable, éprouve une décomposition, que l'on a comparée à une combustion lente, dont nous aurons à nous occuper plus spécialement par la suite. C'est pour obvier autant que possible à cette détérioration, qu'on n'emploie les matériaux de construction qu'après qu'ils ont subi une dessiccation assez avancée.

Indépendamment de cette première cause de destruction, que l'on peut prévenir en usant de quelques précautions, le bois a encore deux ennemis redoutables : ce sont d'un côté les insectes, de l'autre certaines plantes de la famille des cryptogames. Ainsi dans un cas, le bois est détruit, parce qu'il sert de sol aux nombreux champignons qui croissent à sa surface, et dont les racines pénètrent profondément dans son intérieur. Dans l'autre, il devient la nourriture d'animaux qui vivent et se reproduisent aux dépens de sa propre substance. Il n'y a rien dans ces deux faits qui

puisse nous étonner, à présent que nous connaissons quelle est la constitution intime du bois. Nous savons, en effet, qu'au nombre des principes solubles qui imprègnent le tissu ligneux, se trouve une matière azotée, analogue par sa composition aux substances animales qui existent si abondamment dans les végétaux alimentaires. Il y a donc dans le bois, une nourriture pour les insectes qui s'y logent; et si j'affirme maintenant, me réservant toutefois de le démontrer plus tard, que toute matière organique azotée devient en s'altérant un engrais actif, nous comprendrons comment il arrive que des plantes qui ont la faculté de vivre dans des lieux obscurs, chauds et humides, peuvent se multiplier dans la charpente des édifices, sur les membrures des vaisseaux, et occasionner cette pourriture sèche qui désagrége les couches ligneuses et les réduit en poussière.

La promptitude avec laquelle le bois est quelquefois dévoré par les insectes, est réellement incroyable. Il y a plusieurs années, les termites se propagèrent avec une telle rapidité dans les ports de la Rochelle et de Rochefort, qu'en peu de temps, des travaux considérables furent détruits. C'est principalement dans les climats où la température est constamment élevée, où il n'y a pas d'hiver, que les termites occasionnent les dommages les plus sérieux. A Popayan, dans l'Amérique méridionale, il est difficile de rencontrer dans un bâtiment, même de construction récente, un morceau de charpente qui ne soit pas vermoulu. Les bois les plus durs, les plus compactes, ne résistent pas

toujours à l'invasion de ces animaux, qui n'épargnent que quelques espèces de bois odorants, comme le cèdre, par exemple. Dans de semblables localités, il est de toute impossibilité de conserver les livres et les papiers. Je me souviens à cette occasion, qu'ayant reçu en 1830 la mission d'examiner les archives d'Anserma, une des villes les plus anciennes de la province de Popayan, je ne trouvais que des registres illisibles, et presque réduits en fragments. Cependant, la date des documents qu'il m'importait de consulter, ne pouvait guère remonter au-delà de l'année 1600.

La pourriture sèche qui résulte du développement des cryptogames sur le ligneux, est un véritable fléau pour la marine. Selon M. Knowles, cette maladie des bois aurait été signalée dès la plus haute antiquité; il croit même reconnaître la pourriture sèche (*dry-rot*) dans la plaie appelée *lèpre des maisons*, dans le quatorzième chapitre du *Lévitique*. Un bâtiment envahi par la pourriture devient en très-peu de temps incapable de tenir la mer; on cite à cet égard, le vaisseau *le Foudroyant*, de 80 canons, lancé en 1798, et qu'il fallut radouber et refondre presque en entier, dès 1802 (1).

Les champignons qui provoquent la pourriture sèche, ont été étudiés par Sowerby. M. Knowles en signale particulièrement deux: l'un, décrit sous le nom de *xylostroma gigantium*, ne s'étend guère plus loin

(1) Dupin, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XVII, page 290, 2e série.

que la partie du bois malade qui l'a vu naître; mais une autre espèce, le *boletus lacrymans*, se propage au contraire avec une rapidité effrayante, et désorganise profondément la contexture du ligneux qui en est atteint. Ces champignons se montrent ordinairement à bord des vaisseaux, entre les bordages et la membrure; dans les situations humides où l'air se renouvelle peu (1).

On a cherché quelle est la température la plus favorable au développement de la pourriture sèche ; on a trouvé qu'elle est comprise entre 7° et 32° centigrades. Ce sont là les limites extrêmes : au-dessous du mininum, la végétation languit; au-dessus de 32°, les champignons se flétrissent. A l'aide de ces données, on espéra affranchir les navires de la pourriture, en élevant convenablement leur température. Les essais furent tentés en hiver, à bord du vaisseau *la Reine Charlotte;* on porta l'air de la cale à 55° centigrades. Le résultat général qu'on obtint par ce procédé, ne répondit pas aux espérances qu'on avait conçues. Tout en anéantissant dans les parties basses du navire, la végétation des champignons, on la favorisait dans les lieux situés à une certaine élévation au-dessus de la cale, par la raison que l'air chaud et très-humide qui émanait du point où étaient les poêles, laissait condenser, en se refroidissant, la plus grande partie de l'eau dont il était saturé. Il en résultait, au-dessus du

---

(1) Dupin, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XVII, page 291, 2e série.

faux pont, une humidité permanente, accompagnée d'une chaleur suffisamment élevée, circonstance reconnue la plus favorable à la pourriture sèche. Ainsi, par le chauffage local d'un des points les plus humides du bâtiment, on ne faisait réellement que déplacer le mal, sans le détruire. Aussi fut-on conduit à mettre en usage un moyen mieux conçu, et qui fut un peu plus efficace; ce fut de chauffer les entreponts en même temps que la cale, en assurant une ventilation suffisante; mais ce moyen n'a pas été adopté dans la pratique.

L'extrême lenteur de la croissance des arbres offre un véritable contraste avec la promptitude de leur détérioration, lorsqu'ils sont une fois convertis en matériaux de construction. Dans les pays avancés en civilisation, les demandes des nombreuses industries qui consomment des bois, deviennent de plus en plus importantes; tandis que d'un autre côté le développement des populations, en diminuant chaque jour l'étendue du sol forestier, tend à limiter la culture des arbres, et provoque ce résultat, déjà réalisé dans certaines contrées, que la production du bois est insuffisante et qu'elle n'est plus en rapport avec sa consommation. On comprend qu'en présence de cette disette que chaque nation entrevoit dans un avenir plus ou moins éloigné, il ait été fait des tentatives multipliées, dans l'espoir de découvrir un procédé efficace de conservation.

La durée du bois de certains arbres, comme le teck, l'ébénier, le gaïac, dut naturellement conduire à cette

opinion, que les matières grasses et résineuses que ces arbres contiennent, sont capables de protéger le bois contre la plupart des causes de destruction. Les enduits gras et résineux sont d'ailleurs les moyens mis le plus anciennement en usage pour le garantir du contact de l'air, le préserver de l'humidité extérieure, et enfin pour le mettre à l'abri de l'invasion des animaux nuisibles. Mais il est à peine nécessaire d'ajouter que ces enduits ne remplissent que très-imparfaitement le but qu'on se propose en les appliquant : les peintures, les vernis s'écaillent par le moindre frottement ; ils ne détruisent pas toujours les causes d'altération intérieure ; ils peuvent même les provoquer, les favoriser jusqu'à un certain point, lorsqu'ils sont appliqués sur des pièces insuffisamment desséchées, en s'opposant à toute dessiccation ultérieure. Au reste, on n'a jamais considéré les enduits comme des préservatifs très-satisfaisants, et on a toujours compris qu'il fallait faire pénétrer l'agent conservateur dans l'intérieur des pièces à conserver, qu'il fallait, en un mot, en imprégner le tissu ligneux. C'était réellement dans la nécessité de cette pénétration que résidait toute la difficulté ; car si le nombre des substances chimiques dont on peut espérer un bon effet, comme préservatif, est assez étendu, on est cependant limité dans leur choix, par la question économique qui exige impérieusement que ces substances soient à très-bas prix.

Pendant longtemps, le procédé à l'aide duquel toutes les tentatrves furent faites pour faire pénétrer

les substances préservatrices préalablement dissoutes, a consisté dans une sorte de macération plus ou moins prolongée que l'on faisait subir aux bois : par ce moyen, la pénétration était aussi lente qu'imparfaite ; et pour arriver à imbiber profondément de fortes pièces, il aurait fallu employer des années. Or, la lenteur dans l'exécution d'un procédé de ce genre, est déjà un grave inconvénient, en ce qu'il augmente considérablement la valeur des matériaux. A l'aide d'une machine très-ingénieuse et en agissant par pression, un habile industriel, M. Bréant, est parvenu à faire pénétrer des liquides sur tous les points intérieurs d'une masse de bois d'une grande longueur et d'un fort diamètre. En injectant ainsi des matières huileuses ou résineuses, M. Bréant a obtenu des résultats qui sont encore considérés comme très-avantageux, sous le rapport de la conservation des bois. Mais ce procédé d'injection forcée n'a pas été, que je sache, accueilli par l'industrie, probablement à cause de la valeur élevée de la machine et de la main-d'œuvre qu'il exige. Un savant allemand, M. Moll, mettant à profit la découverte que l'on venait de faire d'un antiseptique par excellence, la créosote, proposa d'introduire cette substance dans les bois à conserver, en la faisant pénétrer à l'état de vapeur. Le prix élevé auquel s'est maintenue la créosote, a probablement été un obstacle à l'adoption de ce projet.

Bien antérieurement à ces essais, on avait employé dans le même but et avec des succès variables,

un assez grand nombre de matières. Sans m'astreindre à tracer un historique de ces diverses tentatives, je dois rappeler que le sublimé corrosif et l'arsenic furent, à différentes époques, essayés dans les chantiers de construction de l'Angleterre. Le haut prix du perchlorure de mercure suffit pour l'exclure du nombre des agents utiles dont on pourrait disposer ; et lorsqu'on travailla des pièces de charpente imprégnées d'acide arsénieux, des échardes, en pénétrant dans la peau, occasionnèrent des empoisonnements, à la suite desquels succombèrent plusieurs ouvriers (1).

On avait observé depuis longtemps que les navires qui transportent de la chaux vive, ont une très-grande durée. Il était naturel de chercher à tirer parti de cette observation. On fit séjourner dans un puits rempli de chaux, les bois qu'on voulait préserver ; les résultats furent opposés à ceux qu'on avait espérés : les bois après cette préparation n'eurent même pas la durée ordinaire (2).

Tel était l'état de la question, lorsque M. le docteur Boucherie communiqua à l'Académie des Sciences un travail des plus remarquables sur la conservation des bois (3). On peut en juger par la série des recherches entreprises par ce savant distingué, et qui ont eu pour objet :

(1) Dupin, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XVII, p. 287.

(2) *Idem*, t. XVII, p. 286.

(3) Boucherie, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXXIV, p. 113, 2e série.

1° De protéger les bois contre les caries sèches et humides;

2° D'augmenter leur dureté;

3° De conserver et de développer leur flexibilité et leur élasticité;

4° De rendre impossible le jeu qu'ils éprouvent et les disjonctions qui en résultent, par l'action des variations atmosphériques;

5° De diminuer leur inflammabilité et leur combustibilité;

6° De leur communiquer des couleurs et des odeurs variées et persistantes.

Dans tous les essais qu'il a cru devoir tenter, M. Boucherie est parti de cette proposition, dont la justesse n'a plus besoin de démonstration pour nous, que *toutes les altérations que présentent les bois, proviennent des matières solubles qu'ils renferment.* Dans cette idée il fallait, pour conserver le bois, rendre insolubles et inertes ces mêmes matières, ou les enlever entièrement. M. Boucherie a d'abord cherché à réaliser le premier moyen, en faisant pénétrer dans le tissu du bois, une dissolution contenant une substance capable de se combiner chimiquement, et de former un précipité avec la matière soluble originaire de la séve. Pour résoudre ce problème, M. Boucherie examina quelles réactions éprouvent, de la part de divers agents chimiques à bon marché, les matières solubles qu'il s'agissait de précipiter. Le pyrolignite de fer *brut* lui a paru réunir toutes les conditions désirables : en effet, il

est à très-bas prix ; l'oxyde de fer forme des combinaisons stables avec la plupart des matières organiques dissoutes dans la séve ; son acide n'a aucune propriété corrosive ; enfin le pyrolignite brut contient une quantité notable de créosote.

Les faits sur lesquels s'appuie M. Boucherie, pour établir les propriétés conservatrices du pyrolignite, reposent sur des expériences nombreuses, entreprises soit sur des matières végétales très-altérables, soit sur le bois lui-même. Si l'on prend, par exemple, de la farine, des pulpes de carottes ou de betteraves, et qu'après les avoir imbibées de pyrolignite, on les abandonne à elles-mêmes, à côté de pareilles matières non préparées, on reconnaît que les substances imprégnées du sel de fer résistent à la décomposition, tandis que celles qui ne le sont pas, subissent une altération manifeste.

Le bois, pénétré du pyrolignite de fer (1) qui a servi aux expériences, a été choisi parmi les plus altérables. En décembre 1838, on plaça dans les parties les plus humides des celliers de Bordeaux, des cercles et des barriques de choix, à côté du même bois imprégné. Déjà en août 1839, une altération profonde put être remarquée dans les cercles et les douves ; après deux ou trois années de séjour, ils

(1) L'acide pyroligneux avec lequel on prépare le pyrolignite de fer, s'obtient en carbonisant le bois en vase clos. Le produit brut de cette distillation est un liquide empyreume, acide que l on transforme en pyrolignite de fer en le faisant digérer sur des rognures de tôle ou de ferraille.

tombaient en poudre au moindre effort, quand les bois préparés étaient encore aussi solides qu'au premier jour (1).

Dans l'intérêt de la question économique, M. Boucherie a cherché à se rendre compte de la quantité de pyrolignite nécessaire pour précipiter et rendre par conséquent insolubles les principes altérables, qui se trouvent dans le tissu ligneux ; il a reconnu qu'un cinquantième du poids du bois vert est plus que suffisant.

Bien que M. Boucherie considère le pyrolignite de fer comme l'agent conservateur le plus énergique, en même temps qu'il est un des plus économiques dont on puisse disposer, il emploie aussi plusieurs sels solubles, abordables par la modicité de leur prix, et qui sont très-efficaces, quand le bois qu'ils doivent préserver n'est pas continuellement mouillé. C'est ainsi qu'il a introduit dans le bois des dissolutions de sel marin, de chlorure de calcium, l'eau mère des marais salants : des cercles de tonneaux dont le bois avait été préparé avec ces chlorures, après avoir fait un long séjour dans des celliers très-humides, en sont sortis tout aussi intacts, que des cercles semblables qui avaient reçu du pyrolignite de fer ; et de plus, la flexibilité du bois imprégné de sels alcalins est restée ce qu'elle était au commencement de l'expérience.

Après avoir trouvé les substances les plus efficaces

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. II, p. 896.

pour conserver les bois, il restait à les introduire et à les faire pénétrer profondément dans la masse ligneuse. Ayant reconnu comme ses devanciers, que la macération des pièces de bois dans différentes liqueurs est insuffisante, parce que les substances dissoutes ne s'insinuent qu'à une très-petite profondeur, M. Boucherie essaya divers moyens d'injection qui ne donnèrent aucun résultat satisfaisant. Ce fut après avoir échoué dans ces tentatives, qu'il adopta cette idée, que la pénétration doit s'exécuter sur les bois encore à l'état vert, avant que la dessiccation les ait sensiblement altérés. Il se demanda ensuite si la force qui détermine l'ascension de la séve pendant la vie d'un arbre, ne persiste pas durant un certain temps après son abattage, et si, cette persistance une fois constatée, il ne serait pas possible d'utiliser cette force ascensionnelle pour imbiber la masse du ligneux? Tous les essais tentés dans cette direction répondirent pleinement aux espérances que le raisonnement avait laissé concevoir. M. Boucherie avait découvert un moyen infaillible de porter dans les canaux les plus ténus de l'organisme végétal, les agents capables de rendre incorruptibles les substances qui s'y rencontrent.

Sans doute, on savait déjà que la force ascensionnelle survit pendant quelques jours à la section des racines, et nous avons rapporté des expériences qui montrent qu'une branche munie de ses feuilles exerce, quand son extrémité inférieure est plongéee dans l'eau, une force de succion considérable. Il est

encore vrai, que les physiologistes avaient mis à profit cette force ascensionnelle, pour faire arriver dans les tiges ligneuses des matières colorantes, dans le but de rechercher la route suivie par la séve. Mais ces procédés ingénieux étaient restés dans le domaine de la science, et personne, avant M. Boucherie, n'avait imaginé d'appliquer à un usage industriel la force vitale qui réside dans les plantes. Voici comment cet habile observateur énonce le principe qui fait la base de la méthode qu'il a suivie d'abord, pour introduire dans le bois vert des agents conservateurs :

« Si l'on coupe un arbre d'une grande hauteur, et « qu'on en plonge le pied, en saison convenable, dans « une solution saline faible ou concentrée, une forte « aspiration s'exerce de la part de l'arbre sur le li« quide, qui pénètre ainsi dans son tissu et parvient « bientôt au point le plus élevé de sa tige, et même « jusqu'à ses feuilles terminales, si l'on a eu soin de « fournir une quantité suffisante de liqueur » (1).

Au mois de septembre, un peuplier de 28 mètres de hauteur et de 40 centimètres de diamètre, dont le pied plongeait de 20 centimètres dans une dissolution de pyrolignite de fer, marquant 8° à l'aréomètre de Beaumé, absorba, dans l'espace de six jours, 3 hectolitres de liquide.

Dans ses premières expériences, M. Boucherie opérait l'absorption en plaçant dans un vase contenant la dissolution, le pied des arbres sciés à leur base. Mais

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXXIV, p. 132, 2e série.

cette manière d'opérer n'était pas exempte d'inconvénients: le poids d'un arbre vert et muni de son branchage est quelquefois considérable; et pour le soulever, le soutenir verticalement, il faut s'aider de moyens mécaniques qu'on n'a pas toujours à sa disposition, et qui dans tous les cas sont embarrassants et dispendieux. Pour tourner cette difficulté, M. Boucherie essaya avec succès de faire absorber les dissolutions aux arbres couchés sur le sol, en adaptant à la section du pied un sac en toile imperméable, faisant fonction de réservoir. Enfin, il réussit encore en laissant l'arbre debout et attenant à ses racines. A cet effet, il creuse une cavité dans la partie inférieure du tronc, qu'il met ensuite en communication avec un vase rempli de liquide. Cette méthode fut encore simplifiée en opérant comme je vais l'indiquer : Le tronc de l'arbre est perforé avec une tarière, dans sa plus grande épaisseur; il en résulte un canal d'environ deux centimètres de diamètre, dans lequel on introduit une scie qui permet d'étendre linéairement l'ouverture à droite et à gauche, jusqu'à 3 ou 4 centimètres de la surface extérieure. La plus grande partie des vaisseaux séveux de la tige se trouve ainsi accessible. On recouvre alors toutes les parties ouvertes avec une toile imperméable et fixée solidement, et l'on adapte à l'une des ouvertures circulaires un tube qui communique avec le réservoir (1).

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXXIV, p. 131, 2e série.

M. Boucherie a été nécessairement conduit à rechercher si la force aspiratrice qui détermine l'ascension des liquides dans les arbres, est variable aux différentes époques de l'année : il a trouvé par des expériences entreprises en décembre et février, sur le chêne, le charme, le platane, que, durant la saison froide, les liquides s'élèvent à plusieurs décimètres ; mais qu'ils ne parviennent jamais à la hauteur qu'ils atteignent dans l'été, le printemps, et surtout en automne, où l'on observe l'ascension la plus prononcée. Ce résultat a un intérêt physiologique évident : il prouve que si l'hiver est une époque de repos pour la séve, ce repos n'est cependant pas absolu. Il existe cependant une exception remarquable aux faits généraux qui viennent d'être énoncés ; elle est offerte par les arbres résineux qui gardent leur feuillage jusqu'au printemps. On s'est assuré, en expérimentant sur des conifères, que le mouvement ascensionnel de la séve persiste pendant toute la durée de l'hiver ; à tel point qu'il est toujours possible d'imprégner la totalité de leur tige, par voie d'aspiration, à toutes les époques de l'année. Ce fait devait être prévu par la persistance de l'état frais et vert des feuilles de ces arbres.

Sous le rapport des applications industrielles, il devenait intéressant de décider si la pénétration est d'autant plus énergique, plus active, que l'arbre est lui-même plus vigoureux, plus abondamment pourvu de branches, plus garni de feuilles. L'expérience a montré que la pénétration des liquides a encore lieu

après l'enlèvement du plus grand nombre des branches, pourvu qu'on ait la précaution de conserver à l'arbre son bouquet terminal. Une tige munie d'une suffisante quantité de branches feuillues, continue, comme nous l'avons dit, à exercer une succion après qu'elle est séparée des racines; mais pendant combien de temps cette faculté se conserve-t-elle? C'était là un point capital à fixer. A la fin de septembre, le pied d'un pin de 40 centimètres de diamètre ne fut plongé dans la dissolution que 48 heures après l'abattage, néanmoins l'imbibition fut complète. En juin, on obtint un succès semblable avec un platane coupé depuis 36 heures. Cependant il est certain que l'aspiration est d'autant plus énergique, qu'elle a lieu le plus immédiatement possible après l'abattage; la force qui la détermine décroît rapidement, à mesure qu'on s'éloigne de la première journée, elle est presque anéantie au dixième jour. Dans de bonnes conditions, ces dix jours suffisent pour opérer une imprégnation parfaite. Dans une expérience faite sur un peuplier, on a vu la liqueur absorbée parvenir en sept jours à une élévation de 27 à 30 mètres.

Dans le tronc des bois blancs, on trouve, après l'absorption, un axe de diamètre variable qui échappe, ou plutôt qui résiste à l'imprégnation. Dans les bois durs, ce sont les parties du cœur qui ne sont pas pénétrées. M. Boucherie, après avoir constaté ces faits, les explique ainsi : Dans les bois blancs, d'après l'opinion de ceux qui les mettent en œuvre, la partie centrale, celle qui ne se laisse pas imbiber, est à la

fois la moins résistante et la plus corruptible, là il n'y a plus de circulation, plus de vie; c'est du bois mort enterré au milieu des couches ligneuses encore vivantes. Cette non-pénétration des parties ligneuses apparaît, dans quelques occasions, ailleurs qu'au centre des tiges; elle se montre sous les formes les plus variées, sur divers points du tronc; elle paraît dépendre, comme on l'a dit, de la présence du bois soustrait aux phénomènes vitaux, et qui, impénétrable luimême, se pose comme un obstacle au passage des liquides : c'est ainsi qu'un nœud, une carie deviennent le plus souvent la base, le point de départ des zones qui ne se trouvent pas imprégnées. Pour ce qui est de la non-pénétration des parties les plus centrales du cœur du chêne, de l'ormeau, etc., M. Boucherie l'envisage comme preuve évidente de ce que la circulation des fluides séveux a cessé depuis longtemps.

La distinction la plus ordinaire que l'on établit entre l'aubier et le cœur dans les bois durs, est basée sur la différence de couleur que présente le tronc coupé suivant un plan perpendiculaire à son axe. Dans le chêne, par exemple, les couches concentriques à peu près blanches, appartiennent à l'auber; celles qui se trouvent plus voisines du centre et d'une teinte plus foncée, dépendent déjà du bois de cœur. Mais selon M. Boucherie, cette distinction n'est plus la même lorsqu'on la fonde sur le fait de la pénétration, et que l'on considère comme aubier toute la partie du tronc qui s'imbibe, et comme cœur tout le

ligneux qui refuse d'admettre du liquide. Avec ces définitions, on trouve que la zone de l'aubier est beaucoup moins restreinte, car alors elle peut constituer les trois quarts de la masse du tronc.

Le pyrolignite de fer une fois introduit, ne se bornerait pas, suivant M. Boucherie, à assurer la conservation du bois, il augmenterait encore sa densité. Le bois imprégné de ce sel de fer se durcit assez pour présenter aux outils une résistance extraordinaire dont se plaignent les ouvriers.

La flexibilité et l'élasticité des bois sont des propriétés recherchées pour certains usages. Les bois qui les possèdent et qui les conservent, conviennent particulièrement aux constructions navales. Aussi la marine estime beaucoup plus et paye plus cher les sapins du Nord, destinés à la mâture, que nos sapins des Pyrénées. La flexibilité et l'élasticité des bois dépendent en grande partie de l'humidité qu'ils retiennent; et pour conserver et même pour exagérer ces propriétés, M. Boucherie introduit dans le bois, par voie d'absorption, un sel déliquescent, du chlorure de calcium, qui tend à retenir l'humidité, et qui, de plus, parait développer dans le bois une souplesse remarquable. Les expériences pour constater l'effet des sels déliquescents, ont été faites sur le pin, qui est, comme on sait, un des bois les plus cassants. Après l'avoir imprégné avec des dissolutions concentrées, on le fit débiter en planches très-minces. J'ai vu plusieurs de ces planches de 2 à 3 millimètres d'épaisseur qui, après avoir été fortement tordues en tous

sens, reprenaient, aussitôt après, la même surface plane qu'elles avaient avant d'avoir été soumises à la torsion.

Le *jeu* des bois façonnés provient du changement de volume occasionné par les influences hygrométriques de l'atmosphère. Quand les bois au moment de leur emploi n'ont pas encore acquis une dessiccation suffisante, comme cela arrive fréquemment pour les fortes pièces, les disjonctions se manifestent au plus haut degré lorsque, par l'effet du temps, la dessiccation s'est accomplie. C'est pour obvier à cet inconvénient que les constructeurs sont obligés de faire des approvisionnements qui engagent un capital considérable. Cet état de choses a préoccupé depuis longtemps les ingénieurs. On est parvenu, à la vérité, à dessécher plus rapidement en pratiquant l'équarrissage des bois dans les coupes; mais il en est résulté encore une grande perte de temps. On a renoncé enfin à la dessiccation par étuve ou par la vapeur, comme occasionnant des frais trop élevés.

Après avoir reconnu que les disjonctions des pièces assemblées ne commencent à se faire sentir qu'alors que le bois est sur le point de perdre le dernier tiers de l'eau qu'il renfermait au sortir de la coupe, M. Boucherie pensa que pour prévenir tout *travail* il suffirait de conserver dans le tissu ligneux cette quantité d'eau, de s'opposer en un mot à une dessiccation ultérieure. Les faits sont venus justifier cette prévision. Les bois entretenus invariablement humides, dans une certaine limite, par l'intervention

d'un sel déliquescent, n'ont plus varié dans leur volume malgré les changements les plus brusques survenus dans les circonstances atmosphériques. Les pièces ainsi imprégnées éprouvent cependant de grandes variations dans leur poids, par l'effet de ces mêmes circonstances; mais leur forme n'est plus sensiblement modifiée. Des planches de grandes dimensions et d'une épaisseur des plus minimes furent prises dans une pièce de bois préparé au chlorure de calcium; plusieurs de ces voliges furent laissées dans leur état ordinaire, d'autres ont été peintes à l'huile sur une ou deux faces: après un an d'assemblage, ces planches n'ont éprouvé aucun *jeu*; tandis que des tablettes semblables, de même épaisseur et présentant une même surface, provenant d'un bois de même nature, mais non imprégné, se sont voilées d'une manière extraordinaire (1).

M. Boucherie n'a pas limité l'application de la force ascensionnelle à l'introduction, dans le corps des arbres, d'agents propres à conserver les bois, ou à leur communiquer une stabilité de volume si désirable dans les constructions : il a mis la même force à profit pour imbiber la masse ligneuse des couleurs les plus variées, et il est parvenu à donner aux bois les plus communs un aspect agréable, qui permettra probablement de les employer à la confection des meubles. Dans le cas le plus général, on colore le tissu des bois en y faisant pénétrer, toujours par voie

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXXIV, p. 151, 2e série.

d'absorption et successivement, des dissolutions de substances capables de donner naissance à un précipité. On sait, par exemple, qu'en versant dans un sel de fer du prussiate de potasse dissous, les deux dissolutions, très-faiblement colorées, donnent par leur mélange un précipité de bleu de Prusse. C'est à l'aide de précipités analogues opérés dans le tissu même des arbres, qu'on teint les bois. Pour colorer en bleu de Prusse, on introduit, d'abord un sel de fer, et ensuite une solution de prussiate de potasse.

Le pyrolignite de fer seul donne une teinte brune là où il pénètre, teinte qui s'allie, de la manière la plus agréable à l'œil, avec la couleur naturelle des parties les plus denses qui résistent à la pénétration. En faisant succéder au pyrolignite déjà introduit, une dissolution de matière tannante, on produit de l'encre dans la masse du bois, qui prend alors une teinte noire tirant au bleu. Par les nombreuses réactions de ce genre que la chimie indique, on conçoit que l'on peut obtenir une grande variété de couleurs.

Au nombre des propriétés utiles communiquées au bois par les dissolutions salines qui les imprègnent, il ne faut pas omettre celle d'être rendus très-peu combustibles. C'est M. Gay-Lussac qui le premier a pensé à rendre les tissus végétaux incombustibles en les imbibant de matières salines (1). Par

(1) Gay-Lussac, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XVIII, p. 211, 2e série.

incombustibles, il ne faut pas entendre inaltérables par la chaleur rouge : car, on le comprend aisément, la protection des sels ne va pas jusque-là ; mais des tissus faciles à enflammer, et capables par cela même, d'occasionner des incendies, cessent de brûler avec flamme une fois qu'ils sont imprégnés de certains sels ; ils prennent feu avec difficulté, s'éteignent d'eux-mêmes, se carbonisent et ne peuvent plus propager la combustion. C'est précisément ce qui arrive aux bois préparés : ils s'enflamment et s'incinèrent avec une extrême lenteur, à ce point que deux cabanes exactement semblables, construites, l'une en bois imprégné, l'autre en bois ordinaire, ayant été incendiées au même moment, la dernière était déjà complétement brûlée, alors que l'intérieur de l'autre se trouvait à peine carbonisé (1).

Dans la pratique, l'ingénieux procédé par voie d'*aspiration vitale* n'est pas exempt de difficultés. D'abord, on ne peut l'exécuter avec avantage qu'aux époques de l'année où le fluide séveux est en mouvement, quand les arbres sont pourvus de leur feuillage. Ce temps est limité à quelques mois de l'année ; et l'usage reconnu, fondé d'ailleurs sur certaines convenances, ayant fixé l'époque des coupes à la morte saison, les habitudes de l'économie forestière opposent souvent un obstacle à l'abattage des arbres pendant le printemps ou l'automne. Pour remédier à tous ces inconvénients, M. Boucherie se livra à de

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXXIV, p. 153, 2e série.

nouvelles recherches qui l'ont conduit à trouver le moyen d'imprégner les bois en toute saison, en hiver même, et cela dans un très-court espace de temps. Cette seconde méthode est applicable aux bois en grume, comme à celui déjà équarri, pourvu qu'il ait été récemment abattu (1).

Pour imprégner les arbres par ce procédé, on les place verticalement, et on adapte à leur extrémité supérieure un sac en toile imperméable destiné à recevoir les dissolutions salines qui doivent les pénétrer. Le liquide s'infiltre aussitôt, et, presque au même moment où la pénétration a lieu, la séve s'écoule par la partie inférieure. Toutefois, il est des bois dont le tissu renferme de grandes quantités de gaz ; dans ce cas, l'écoulement de la séve ne se manifeste qu'alors que ces gaz ont été expulsés, puis elle continue sans interruption. On juge l'opération terminée, la pénétration complète, quand la liqueur qui sort par la partie inférieure est identique avec la dissolution versée sur la partie supérieure. Dans mon opinion, cette méthode est préférable à celle de l'aspiration. En effet, on opère un véritable déplacement : la séve est expulsée en presque totalité, et l'agent salin introduit n'a plus à combattre que la minime quantité de substances solubles restée adhérente au tissu ligneux. Par un déplacement effectué par l'eau seule, on arriverait déjà à un résultat favorable à la conservation, puisque le ligneux

(1) *Compte rendu de l'Académie des Sciences*, t. XII, p. 337.

se trouverait débarrassé de la presque totalité des matières que l'on considère comme les plus altérables. La rapidité avec laquelle le fluide introduit se substitue à la séve qu'il déplace, et le volume de cette séve expulsée, dépassent tout ce qu'on pouvait imaginer avant d'avoir fait l'expérience. Ainsi, dans la forêt de Compiègne, un tronc de hêtre de 16 mètres de longueur sur 86 centimètres de diamètre moyen, cubant par conséquent un peu plus de 9 mètres, a laissé écouler en vingt-cinq heures, dans le mois de décembre, 3,060 litres de séve, qui ont été remplacés par 3,210 litres d'acide pyroligneux. Le liquide pénétrant agit si bien en déplaçant la séve, qu'on peut extraire par cette méthode les matières sucrées, mucilagineuses, les sucs résineux et colorants que contiennent les arbres. Peut-être, et je soumets cette idée aux planteurs des régions tropicales, peut-être, dis-je, serait-il possible d'appliquer très-avantageusement ce procédé à l'extraction des matières colorantes des bois de teinture.

Le commerce des bois employés à la teinture ne s'étend pas au delà des localités assez favorisées pour que l'exportation devienne facile ; ainsi à une certaine distance des côtes, ou du voisinage des grandes rivières, l'exploitation est absolument impraticable, à cause de la difficulté souvent insurmontable que présente le transport d'une marchandise aussi pesante et aussi volumineuse. Les matières colorantes des bois étant solubles, il est possible de les exporter à l'état d'extrait. Diverses tentatives de ce genre ont déjà été

faites; et si elles n'ont pas été suivies de succès, il faut en voir la cause dans la méthode suivie jusqu'à ce jour, et qui a consisté à traiter les bois, réduits en très-petits fragments, par l'eau bouillante, de manière à obtenir le principe colorant. Mais dans les forêts de l'Amérique, où les bras manquent au travail, où l'on est dépourvu des moyens mécaniques qui pourraient y suppléer, l'issue défavorable de semblables entreprises ne pouvait être douteuse. Par la méthode Boucherie, les principales difficultés se trouveraient levées; il ne s'agirait plus, en effet, que de débiter les arbres en tronçons; les tissus imperméables nécessaires pour opérer le lavage ou le déplacement sont aisément transportables; le caoutchouc est d'ailleurs assez abondant pour les confectionner sur place, et l'appareil le plus gênant pour exécuter l'industrie que je propose se réduirait à une ou plusieurs chaudières d'évaporation.

Du sucre.

Le sucre se rencontre dans presque toutes les parties des plantes; on a constaté sa présence dans les fleurs, les feuilles, les tiges et les racines. Il est moins abondant dans les semences; et l'on peut même affirmer qu'au moment de l'apparition des graines, la quantité des matières sucrées, répartie dans l'ensemble du végétal, se trouve considérablement amoindrie. Ainsi le sucre, comme l'amidon, paraît contribuer à la production de la semence.

La saveur si caractéristique du sucre suffit, dans le

cas le plus général, pour déceler sa présence ; néanmoins on s'exposerait à une appréciation inexacte, si l'on s'en rapportait uniquement à ce caractère. Plusieurs matières possèdent une saveur sucrée très-prononcée, sans être pour cela du sucre, dans le sens que les chimistes attachent à cette dénomination. Pour les chimistes, les véritables sucres possèdent une propriété qui les distingue des matières avec lesquelles ils peuvent avoir d'ailleurs la plus grande analogie : c'est celle de se transformer, sous l'influence de l'eau et du ferment, en alcool et en acide carbonique. Il est certain cependant, et j'ai déjà cité l'amidon, que des corps qui n'appartiennent pas au genre sucre peuvent, par la fermentation, donner de l'alcool ; mais dans cette circonstance on a constaté, que ces corps, par l'action même du ferment, se changent d'abord en sucre, qui subit ensuite la fermentation alcoolique.

On reconnait aujourd'hui que les sucres fermentescibles doivent être divisés en deux espèces principales, établies sur les caractères les plus facilement appréciables. L'une qui se présente en cristaux durs, transparents, se rencontre avec assez d'abondance pour être exploitée, dans la canne, la betterave, la séve de l'érable et celle de certains palmiers ; l'autre qu'on obtient difficilement à l'état solide, qui se présente le plus ordinairement à l'état sirupeux, dont la saveur est moins sucrée, moins franche, existe dans le raisin et la plupart des fruits. Les caractères chimiques de ces deux sucres, que l'on désigne par les

noms de sucre de canne et de sucre de raisin ou *glucose*, sont d'ailleurs assez différents ; et, d'après les belles recherches de M. Biot, leurs propriétés physiques, particulièrement l'action que leurs dissolutions exercent sur la lumière polarisée, ne permettent réellement pas de les réunir en une seule et même espèce. Dans le règne végétal, ces deux sucres se rencontrent souvent à l'état de mélange, et les moyens dont la chimie dispose permettent de transformer facilement le sucre de canne en glucose. La transformation inverse n'a pas encore été réalisée ; mais rien n'indique qu'elle soit impossible, et l'époque n'est peut-être pas éloignée où le sucre préparé avec la fécule de pommes de terre pourra être changé en sucre cristallisé semblable à celui qui provient de la canne.

Sucre cristallisé.—Ce sucre s'obtient facilement en cristaux volumineux, transparents, qu'on désigne par le nom de *sucre candi*. Il suffit, pour favoriser la cristallisation, de laisser séjourner des fils dans des terrines remplies d'un sirop convenablement concentré. Le sucre est fusible ; par l'action de la chaleur ménagée, il brunit et passe à l'état de *caramel ;* une plus haute température en opère la décomposition. Il est beaucoup moins soluble dans l'alcool que dans l'eau ; l'alcool pur n'en dissout même que de très-faibles quantités.

Le sucre de canne contient :

Carbone........	42,1
Hydrogène......	6,4
Oxygène........	51,5
	100,0 (1)

Telle est la composition du sucre desséché à la température de 100° centigr.; mais cette substance, comme la plupart des matières organiques, renferme une certaine proportion d'eau de constitution qu'elle abandonne en se combinant avec certaines bases. Ainsi, le sucre s'unit à l'oxyde de plomb pour former un véritable *sucrate*, dans lequel la matière sucrée, privée de son eau, joue le rôle d'acide; cette combinaison se présente sous la forme de cristaux blancs et mamelonnés; à l'analyse, elle a donné pour la composition du sucre anhydre :

Carbone........	47,1
Hydrogène......	5,9
Oxygène........	47,0
	100,0

Il est possible d'amener le sucre ordinaire à cette composition, en le privant de son eau de constitution; ainsi le caramel obtenu en chauffant le sucre à 180°, jusqu'à ce qu'il ne laisse plus dégager de vapeur aqueuse, a la composition du sucre anhydre, tel qu'il se trouve dans sa combinaison avec l'oxyde de plomb.

(1) Péligot, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXVIII, p. 124, 2e série.

J'ai calculé les analyses de M. Péligot avec le poids atomique du carbone : 75.

A part toute considération théorique, on voit que, pour reconstituer le sucre anhydre en sucre hydraté, il faudrait y ajouter pour 100 parties 11,76 d'eau, renfermant hydrogène 1,3 et oxygène 10,46.

Les 111,76 parties contiennent alors en éléments :

Carbone......	47,1 pour cent,	42,1 sucre ordinaire.
Hydrogène....	7,2	6,4
Oxygène......	57,46	51,5
	111,76	100,0

On peut donc considérer le sucre normal comme formé de

Sucre anhydre....	100,0
Eau.............	11,8

Le sucre provenant de l'Amérique méridionale, comme la plus grande partie de celui fabriqué dans les Indes orientales, est extrait de la canne. Les tiges de diverses plantes du genre *arundo* fournissent du sucre, mais c'est l'*arundo saccharifera* que l'on cultive le plus généralement.

En Amérique, et généralement dans les régions tropicales, on plante trois variétés de cannes à sucre : la canne créole, la canne de Batavia, et la canne d'Otaïti.

La canne créole a la feuille d'un vert foncé ; sa tige est mince, ses nœuds sont très-rapprochés. Cette espèce, originaire de l'Inde, est arrivée sur le nouveau continent, après avoir passé par la Sicile, les Canaries et les Antilles. La canne de Batavia est indigène à l'île de Java. Son feuillage très-large,

d'une teinte pourpré, lui a fait donner le nom de *cana morada*. On destine principalement son vesou à la fabrication du rhum. La canne d'Otaïti est aujourd'hui la plus répandue dans la culture ; son introduction est due aux voyages de Bougainville, de Cook et de Bligh. Bougainville en dota l'Ile-de-France, d'où elle se répandit à Cayenne, à la Martinique, et bientôt après dans le reste des Antilles et sur la terre ferme (1). Dans l'opinion de M. de Humboldt, c'est une des acquisitions les plus importantes que l'agriculture des régions tropicales doive aux voyages des naturalistes. Cette canne végète avec une vigueur extraordinaire ; sa tige est plus élevée, plus grosse, plus riche en suc que celles des autres espèces. Sur une même surface de terrain, elle donne plus de vesou que la canne de Batavia ; et de plus, par le développement de sa tige, elle fournit une bien plus grande quantité de combustible. Je l'ai observée dans presque toutes les cultures du littoral de Venezuela, de la Nouvelle-Grenade, et de la côte du Pérou. On avait craint d'abord que la canne d'Otaïti ne dégénérât par le fait de sa transplantation : une expérience de plus d'un demi-siècle a parfaitement rassuré les planteurs, en prononçant en faveur de cette belle espèce ; aujourd'hui, on reconnait que les précieuses qualités qui l'ont fait introduire se sont conservées sans altération. A la vérité, on a quelquefois assuré que dans certaines

(1) Humboldt, *Voyage aux régions équinoxiales*, t. V, p. 100.

localités cette canne a dégénéré, qu'elle est devenue moins productive; mais cette dégénérescence n'est pas particulière à l'espèce d'Otaïti : on la voit se manifester sur la canne créole, après une culture prolongée dans les terrains peu profonds qui ne sont pas irrigués.

La canne à sucre se plante par bouture. On prend des morceaux de tige d'environ un demi-mètre de longueur portant plusieurs *boutons* (*ojos*); on en couche deux ou trois dans des trous de 15 à 18 centimètres de profondeur, de 8 à 10 centimètres de largeur, et on les recouvre avec une terre meuble et humide. Il faut de quinze à vingt jours pour que les jets se montrent hors du sol. L'espace qu'il convient de laisser entre chaque plant, dépend beaucoup de la fertilité du terrain. Dans les sols les plus propices, la distance des lignes est d'environ un mètre; et sur la longueur de ces lignes, les pieds sont espacés d'un demi-mètre. Quand les terres n'ont pas une grande valeur pécuniaire, on trouve qu'il est plus avantageux de laisser un plus grand espace entre les cannes, de manière à favoriser l'accès de l'air et de la lumière. Ainsi, il n'est pas rare de voir des cultures où les plantes sont séparées par une distance de un mètre et demi. L'époque à laquelle on enterre les boutures ne saurait être indiquée d'une manière générale. On choisit toujours le temps où, d'après l'expérience, on prévoit l'arrivée prochaine des pluies. Aussi, dans les localités où l'irrigation est possible, il n'y a pas d'époques fixes pour la plantation :

on l'exécute dans tous les mois de l'année. L'emplacement pour recevoir les boutures se creuse ordinairement à la houe, un nègre peut faire dans sa journée soixante ou quatre-vingts trous; quand le sol a été labouré, comme cela se pratique dans quelques îles des Antilles, ce travail peut être doublé. Les terres meubles, riches, lorsqu'elles ne manquent pas d'ailleurs d'une certaine humidité, sont les plus convenables pour la canne à sucre; la plante souffre dans un sol argileux qui s'égoutte difficilement. Dans ces terres humides, les boutures ne doivent pas être placées horizontalement, mais bien sous un certain angle, de façon qu'une des extrémités sorte de plusieurs centimètres hors du sol; la tige, enfoncée en partie, se trouve braquée en quelque sorte, ce qui a fait nommer cette manière de planter, plantation en canon.

Lorsque la tige sortie de la bouture est déjà garnie de feuilles étroites et opposées, c'est alors que l'arrosage est nécessaire. Les sarclages doivent être faits avec soin, jusqu'à ce que la plante soit assez développée pour étouffer les herbes nuisibles. On butte à chaque sarclage.

La canne, vers le neuvième mois après la plantation, commence à se dépouiller. Les feuilles inférieures tombent les premières, et ainsi successivement, de sorte que, parvenue à sa maturité, il ne lui reste qu'un bouquet de feuilles terminales. La floraison a lieu communément au bout de l'année, et on considère la maturité comme étant suffisamment

avancée, 2 ou 3 mois après cette époque ; la tige prend alors une couleur jaune de paille. Au reste, les planteurs ne sont pas tous du même avis : il en est qui font la coupe avant la floraison, parce qu'ils croient avoir observé que le sucre diminue lors de l'apparition de la fleur. On comprend d'ailleurs que la durée de la végétation dépend surtout du climat, et de la nature du sol. Il y a telle localité où l'on coupe la canne lorsqu'elle est âgée d'un an, telle autre où la récolte ne se fait qu'au bout de 15 à 16 mois. Selon les observations recueillies par le colonel Codazzi, dans Venezuela, et qui s'appliquent à la *cana* d'Otaïti, au niveau de la mer, dans les sites où la température moyenne est de 27,3 degrés cent., la canne mûrit en onze mois. Dans les endroits plus élevés, et où par conséquent le climat est moins chaud à latitude égale, il faut plus de temps pour la culture.

La température moyenne étant	25°,6,	la culture dure	12 mois.
	23°,2		14
	19°,2		16 (1)

Les dimensions auxquelles parvient la canne d'Otaïti sont aussi extrêmement variables : dans les circonstances les plus favorables à son développement, elle atteint quelquefois une hauteur de 5 mètres ; mais c'est là une exception, et son élévation normale est entre 3ᵐ et 3ᵐ, 8.

Les grandes plantations sont divisées en carrés de 80 à 100 mètres de côté ; de manière que chacun de

(1) Codazzi, *Resumen de la Geografia de Venezuela*, p. 141.

ces carrés se récoltant à diverses époques, il en résulte un roulement favorable aux travaux de culture et à la fabrication du sucre.

La canne est coupée très-près de la racine. Avant de la porter au moulin, on retranche le bouquet de feuilles qu'elle a conservé. Ces têtes de canne à l'état vert constituent une bonne nourriture pour les chevaux et pour le bétail ; quand elles sont desséchées, elles servent à couvrir les habitations. Après la première récolte, les rejetons surgissent et donnent de nouvelles tiges, qui ne demandent d'autres soins que quelques sarclages. Dans les bonnes terres, une plantation primitive produit cinq à six récoltes par rejetons. Mais j'ai entendu les planteurs affirmer que le produit en sucre diminue d'année en année. A Venezuela, on replante tous les cinq à six ans (1).

La canne débarrassée de feuilles est passée au moulin, pour en exprimer le jus. Ces moulins sont formés par l'assemblage de trois cylindres faits en bois dur ou en métal, et dont la disposition est telle, que la canne est *laminée* plusieurs fois. La canne privée du suc par la pression prend le nom de bagasse ; on l'emploie comme combustible, après l'avoir fait sécher.

Le suc exprimé renferme du sucre cristallisable, de la matière azotée analogue à l'albumine, et quelques matières salines. A sa sortie du moulin, il est reçu dans une grande chaudière placée à l'extrémité

(1) Codazzi, *Resumen de la Geografia de Venezuela*, p. 141.

d'un long fourneau supportant quatre autres chaudières de moindre dimension, situées sur la même ligne et en avant de la *chaudière-réservoir* qui se trouve la plus rapprochée de la cheminée. Le suc est d'abord porté à l'ébullition dans cette dernière chaudière; après avoir reçu un peu de lait de chaux, il se forme bientôt une écume qu'on enlève. Le suc, en partie privé d'écume, est transvasé dans la chaudière immédiate, où il est entretenu en ébullition constante, et dans laquelle on favorise encore la production des écumes par une nouvelle addition de chaux. De là, on fait couler le sirop dans la chaudière suivante, où la clarification s'achève; c'est dans la quatrième chaudière que le liquide atteint l'état sirupeux; la cuite se termine dans la cinquième chaudière, celle placée sur le foyer. On reconnaît que le sirop est à point, quand en prenant une goutte entre le pouce et l'index, et écartant subitement les doigts, la matière s'étire en un fil qui se rompt près du pouce et remonte en tournant vers l'index.

Le sirop cuit est versé d'abord dans un *rafraîchissoir*, et ensuite dans les cristallisoirs : ce sont des caisses percées de plusieurs trous bouchés avec des chevilles. Après vingt-quatre heures de séjour, on agite la masse avec un mouveron, afin d'accélérer la cristallisation; quand elle est achevée, on débouche les trous pour donner issue au sirop. Ce sirop est cuit de nouveau et mis à cristalliser.

Le sucre, débarrassé du sirop, est exposé à l'air; et quand il est suffisamment sec et égoutté, on le met

en barrique, pour être expédié en Europe, sous la désignation de *sucre brut*, de *moscouade*. Assez souvent cependant, le sucre brut subit dans les colonies une sorte de purification : on le blanchit. A cet effet, on l'introduit et on le comprime dans des formes; puis on verse dessus un sirop de sucre blanc fait à la température ordinaire. Cette dissolution, en traversant la masse de sucre, dissout et entraîne la mélasse.

Le procédé que je viens de décrire est particulier aux Antilles. Sur le continent américain, dans plusieurs provinces de la *Nueva-Grenada*, et je puis citer le *Socorro*, où les cultivateurs se livrent à la fabrication du sucre, on suit une méthode beaucoup plus simple. Dans les grands établissements il y a deux chaudières: l'une dans laquelle le suc est porté à l'ébullition, immédiatement après sa sortie du moulin (trapiche), et où la concentration, la clarification se font en grande partie, et cela sans addition de chaux; l'autre chaudière sert à terminer la cuite. Le sirop cuit est transformé, suivant les demandes, soit en sucre brut (papelon), soit en sucre blanc. Dans le premier cas, le sirop est coulé dans de petits moules ayant la forme et la dimension de briques. Il se refroidit aussitôt; il est expédié à l'instant même; son grain est cristallin, sa couleur très-légèrement jaune, sa saveur très-agréable. Dans le second cas, le coulage se fait dans des formes en terre cuite, qui ne diffèrent en rien de celles en usage dans nos raffineries. Quand la masse est froide, on place sur la base du pain de sucre, qui se trouve occuper la partie su-

périeure à cause de la position renversée de la forme, une légère couche d'argile, et on verse un sirop de sucre blanc. La purification a lieu avec la plus grande facilité; et j'ai vu des sucres blancs ainsi préparés qui ne le cédaient en aucune façon, pour la beauté et la qualité, aux sucres raffinés en Europe. Un fait m'a surtout frappé, dans les fabriques de sucre que j'ai visitées : c'est l'absence presque complète des mélasses, surtout dans les ateliers où l'on opère sur une petite échelle; ce qui s'explique d'ailleurs par la promptitude de la cuite du vesou, et peut-être aussi par la non-intervention des engrais dans la culture. On croit en effet, aujourd'hui, que les mélasses proviennent en grande partie de l'imperfection des procédés employés, des altérations éprouvées par le suc pendant sa concentration. Déjà, dans ces derniers temps, l'attention des planteurs était dirigée sur les méthodes évaporatoires propres à mettre la cuite à l'abri d'une température capable d'altérer le sucre. Howard avait établi des appareils dans lesquels l'évaporation s'effectuait dans le vide. La chaudière, purgée d'air, était chauffée à l'extérieur par un courant de vapeur dont la température n'excédait pas 65° centigr. Depuis, le procédé d'Howard a été simplifié, en concentrant le sirop par voie de distillation, et en condensant la vapeur de manière à diminuer considérablement la pression atmosphérique qui pèse sur le liquide, et par conséquent son point d'ébullition. Des différents appareils imaginés pour opérer la cuite des sirops sous une pression moindre que celle de l'atmosphère, il paraît

que, dans les colonies, on accorde la préférence à celui construit par M. Derosne. Cet appareil n'exige pas d'eau comme réfrigérant, condition importante dans nombre de localités où l'eau est tellement rare, que l'on utilise celle qui provient de l'évaporation du vesou pour les besoins des habitations (1).

La quantité de sucre fournie par la canne est assez variable. M. Codazzi estime que dans Venezuela les limites extrêmes du rendement, par les procédés actuels, sont 6 et 15 pour 100, et en moyenne 7 et demi. D'après des renseignements pris à la Guadeloupe, M. Dupuy, pharmacien de la marine, porte le produit de la canne à 7, 1 pour 100. Le rendement en sucre est nécessairement subordonné à la proportion de vesou obtenue au moulin; or, cette proportion est loin d'être constante. Des expériences faites par M. Dupuy dans plusieurs communes de la Guadeloupe, montrent que l'on retire de 56 à 62 de vesou pour 100 de canne. Les moulins les plus répandus donnent :

A la Guadeloupe (2).	56
A la Nouvelle-Orléans, selon M. Avequin. . .	50
A Cayenne, d'après M. Sénèz.	36
A la Havane, suivant M. Casaseca (3). . .	
La canne rubanée rend.	45
Id. cristalline.	35
Id. d'Otaïti.	56

(1) Casaseca, Manuscrit.

(2) Péligot, *Annales maritimes et coloniales*, août 1842.

(3) Casaseca, *Analyse du vesou faite à la Havane* (manuscrit).

On admettait, sous l'autorité des chimistes les plus habiles, que la canne renfermait deux espèces distinctes de sucres, l'un susceptible de cristalliser, l'autre incristallisable et donnant naissance aux mélasses dans le traitement du vesou ; mais les recherches de M. Péligot ont prouvé que cette opinion est erronée et que, dans la canne, la totalité du sucre peut cristalliser : la préexistence d'un sucre sirupeux est donc entièrement chimérique. Déjà, en 1826, M. Plagne, chargé d'une mission aux Antilles, était arrivé à la même conclusion ; mais le résultat de ses travaux ne fut publié qu'en 1840. Depuis, M. Casaseca, professeur de chimie à la Havane, a confirmé ce fait si important pour l'industrie sucrière des colonies. La composition du vesou se trouve ainsi ramenée à une très-grande simplicité. En effet, après de très-faibles quantités de matière azotée albumineuse, d'une substance déliquescente découverte par M. Hervy (1), de substance grasse, de plusieurs sels et de silice, matières qui réunies ne vont pas au delà de 2 ou 3 centièmes, on peut dire que le jus de la canne consiste essentiellement en eau et en sucre cristallisable qui y entre dans la proportion de 18 à 20 pour 100 (2). Après une macération suffisamment prolongée dans l'eau froide, la canne abandonne les matières qui font partie du vesou, et on obtient ainsi de la bagasse complétement privée de sucre, et que l'on peut considérer comme du ligneux. La solution aqueuse évaporée

(1) Hervy, *Journal de Pharmacie*, 1841.

(2) Péligot, *Annales maritimes et coloniales*, août 1842.

donne le sucre, qui, traité par l'alcool faible, se dissout en laissant insoluble l'albumine coagulée, mêlée à quelques sels terreux. Pour apprécier la totalité des sels dissous dans l'alcool, ou qui sont restés avec l'albumine, il suffit de brûler les matières. La très-petite proportion d'albumine et des sels qui entrent dans la composition du vesou permet d'envisager la substance soluble contenue dans la canne comme du sucre. L'analyse peut donc se réduire à une détermination exacte de l'humidité, puis à un traitement par l'eau de la canne complétement desséchée, afin de dissoudre le sucre. Le ligneux, lavé et ramené à un état constant de dessiccation, donnera par différence la matière soluble. En procédant à peu près ainsi, M. Péligot a trouvé que la canne d'Otaïti, récoltée en 1839 à la Martinique, contenait :

Eau.	72,1
Ligneux................	9,9
Matières solubles (sucre)..	18,0
	100,0

Ce résultat se trouve confirmé par l'analyse de la même variété de canne, récoltée à la Guadeloupe en 1841, et examinée sur les lieux même par M. Dupuy. Elle contient :

Eau	72,0
Ligneux................	9,8
Matières solubles (sucre)..	17,8
Sels....	0,4
	100,0 (1)

(1) Péligot, *Annales maritimes et coloniales*, août 1842.

Une analyse plus complète de la canne à sucre, faite par M. Payen, a donné :

Eau	71,0
Ligneux...........	10,0
Substances salines..	0,5
Albumine	1,0
Matières grasses....	0,4
Sucre.............	17,1
	100,0

M. Casaseca, qui se livre, à la Havane, à l'étude de diverses questions du plus haut intérêt pour l'agriculture des régions tropicales, a trouvé dans la canne créole :

	En 1848.	En 1841.
Eau	77	65,9
Sucre et matières solubles.	12	17,7
Ligneux................	11	16,4
	100	100,0

M. Casaseca s'est proposé d'examiner s'il y aurait avantage à traiter la canne après l'avoir privée de son écorce herbacée.

100 de canne créole contiennent 37,5 d'enveloppe verte.

Composition	de la canne pelée,	de l'enveloppe.
Eau....................	77,8	69,5
Sucre et matières solubles.	16,2	11,5
Ligneux................	6,0	19,0
	100,0	100,0

En se fondant sur diverses analyses, M. Casaseca pense que, dans une même variété de canne arrivée à l'état de maturité, il existe un rapport constant entre le sucre et le ligneux, et par conséquent une proportion

fixe de sucre dans une quantité déterminée de canne desséchée. Si l'on parvenait a peler la canne par un procédé économique etsurtout très-expéditif (car sous les tropiques le jus sucré s'acidifie très-vite), on perfectionnerait sans aucun doute le travail de la sucrerie, puisque la canne pelée contiendrait plus de sucre, moins de ligneux. La canne décortiquée passerait plus promptement au moulin, elle donnerait un vesou plus limpide, et à peu près privé de la matière herbacée, qui est une des causes des pertes éprouvées dans la défécation.

M. Péligot a examiné la canne d'Otaïti venue sous diverses conditions de pousse et d'âge ; les différentes parties d'une même tige ; enfin les nœuds, qui, comme on devait s'y attendre, contiennent plus de subtance ligneuse. Voici les résultats auxquels est arrivé cet habile chimiste (1).

(1) Péligot, *Annales maritimes et coloniales*, août 1842.

TABLEAU.

	EAU.	MATIÈRES SOLUBLES (sucre).	LIGNEUX.
Première pousse..............	73,4	17,2	8,9
Deuxième pousse, sur premiers rejetons..................	71,7	17,8	10,5
Troisième pousse, sur deuxièmes rejetons....................	71,6	16,4	12,0
Quatrième pousse, sur troisièmes rejetons..................	73,0	16,8	10,2
Partie inférieure d'une canne...	73,7	15,5	10,8
Partie centrale..............	72,6	16,5	10,9
Partie supérieure.............	72,8	15,5	11,7
Nœuds d'une canne............	70,8	12,0	17,2
Cannes de huit mois...........	73,9	18,2	7,9
Cannes de dix mois............	72,3	18,5	9,2

On voit en résumé, en faisant toutefois une exception pour les nœuds espacés sur les tiges, que la plante prise dans ces diverses conditions a présenté la même composition. Du moins, on ne saurait affirmer que les différences assez légères qu'on remarque dans les résultats, ne sont pas dues aux erreurs inhérentes au procédé employé. L'ensemble de ce travail important, en même temps qu'il établit la composition moyenne de la canne d'Otaïti, montre que les substances gommeuses, mucilagineuses, le sucre incristallisable dont on supposait si gratuitement l'existence, ne se rencontrent pas dans cette plante. D'où il faut bien conclure, avec M. Péligot, que les mélasses qui apparaissent pendant la cuite du vesou sont le fait de la fabrication, opinion à laquelle je me range d'autant plus facilement, que, comme je l'ai dit précédemment, j'ai vu dans bon nombre

de circonstances la totalité du suc de canne donner du sucre cristallin. Ces analyses démontrent d'ailleurs, mieux que ne pourrait le faire toute discussion, l'imperfection des méthodes suivies jusqu'à ce jour pour l'extraction du sucre. Elles prouvent, en effet, que les moulins laissent dans la bagasse plus du tiers du jus contenu dans la canne. Cette perte pourrait sans doute être considérablement atténuée, en faisant usage de moyens plus parfaits pour exercer la pression. Toutefois, il paraît que les planteurs des colonies seraient peu disposés à employer une pression très-forte, dans la crainte de briser la bagasse et de l'amener à un tel état de division, qu'il deviendrait très-incommode de l'utiliser comme combustible. Sous ce rapport, il y a évidemment intérêt à ménager le ligneux de la canne, qui est toujours un auxiliaire précieux et souvent indispensable de la fabrication du sucre. Mais M. Dupuy, qui a examiné avec une grande attention l'ensemble des méthodes pratiquées dans les sucreries des colonies, pense qu'en perfectionnant les pressoirs de manière à les amener à faire rendre constamment à la canne 65 à 66 de jus pour 100 on conserverait à la bagasse sa valeur comme combustible, en augmentant suffisamment le rendement en sucre (1).

La bagasse, à sa sortie des moulins, paraît entièrement privée de parties humides. J'en ai vu qui, après avoir été pressée deux fois consécutivement, semblai

(1) Péligot, *Annales maritimes et coloniales*, août 1842.

tout à fait sèche, et il est douteux qu'une pression beaucoup plus forte que celle qu'elle avait subie en eût exprimé une quantité notable de liquide. Cependant, il suffisait de la goûter, pour se convaincre qu'elle retenait encore du sucre. Dans le but d'enlever à la bagasse le sucre qu'elle retient encore à la sortie du moulin, sans employer des machines plus puissantes, M. Péligot a proposé de les immerger dans l'eau et de les presser une seconde fois. On obtiendrait ainsi un vesou faible, qui, réuni au vesou primitif, porterait un rendement de 7,1 à 10 de sucre pour 100 de canne. En suivant ce procédé suggéré par la théorie, M. Dupuy a extrait en grand un cinquième de sucre en sus de la quantité ordinaire, sans rien changer au travail habituel de la sucrerie, et sans que la bagasse fût trop divisée pour être brûlée sous les chaudières (1). On ne saurait nier que l'introduction d'une assez grande masse de vesou faible ne nécessite une plus grande quantité de combustible, et que, dans bien des circonstances, cette nécessité ne devienne un véritable obstacle ; mais sur le continent, là où le bois est encore à la portée des sucreries, cette méthode semble susceptible d'être appliquée avec succès.

Les rendements si différents, fournis par des cannes contenant à peu de chose près la même dose de sucre cristallisable, prouvent que les procédés de concentration et de purification du vesou contri-

(1) Péligot, *Annales maritimes et coloniales*, août 1842.

buent aussi à la perte qui a été signalée. M. Péligot indique plusieurs des causes de la détérioration du sucre. Telles sont 1° La fermentation visqueuse qui rend le vesou épais, filant comme un mucilage; par suite de cette singulière altération, la cuite du sirop présente de graves inconvénients, et la cristallisation du sucre resté intact s'opère avec difficulté. 2° L'acidité qui se développe assez souvent dans le vesou lorsqu'il n'est pas porté immédiatement dans les chaudières, acidité qui exige, pour être anéantie ou prévenue, l'intervention de la chaux. Cet alcali, comme j'ai eu occasion de le faire remarquer, n'est pas indispensable dans le traitement du jus de canne: son utilité, dans les circonstances normales, se borne probablement à faciliter la défécation en formant un précipité insoluble avec quelques-unes des matières organiques du vesou, peut-être aussi, en faisant un savon de chaux avec les matières grasses adhérentes à la tige de la canne et qui se détachent pendant le passage au moulin. Lorsque la chaux est ajoutée pour corriger l'acidité développée accidentellement dans le jus, elle constitue de l'acétate, du lactate, sels éminemment solubles, incristallisables et qui retiennent une portion de sucre à l'état liquide. 3° L'influence fâcheuse des sels minéraux préexistants dans la canne. Ainsi le sel marin, en se combinant avec le sucre, forme un composé déliquescent, dans lequel une partie de sel est unie à six parties de sucre; cette combinaison rend encore incristallisable une forte proportion de sirop. On ne

saurait donc être trop circonspect, suivant M. Péligot, dans le choix des engrais employés dans la culture de la canne, car il importe surtout d'en éloigner les fumiers trop chargés de sel marin : peut-être est-ce à l'absence de ce sel dans le sol, que les cultures très-éloignées des côtes de la mer doivent de rendre plus aisément et en plus grande quantité du sucre cristallisable.

M. Codazzi estime à 1,875 kilog. (1) la quantité de sucre blanc produite par un hectare cultivé en canne d'Otaïti dans la province de Caracas. Admettant comme rendement moyen 7 1/2 de sucre pour 100, on voit que le poids de la canne passée au moulin s'élève à 19,134 kil. Prenant pour la composition moyenne de la plante :

Ligneux (sec)......	11,0
Sucre (minimum)...	15,5
Eau........	73,5
	100,0

on trouve qu'un hectare de terrain produit dans la récolte :

Ligneux (sec)...	2,105 kil.
Sucre..........	2,966
Eau...........	14,063
	19,134 kil.

(1) M. Lestiboudois porte à 48,770 hectares la surface cultivée en cannes dans les colonies françaises ; le produit officiel étant estimé à 80 millions de kil. de sucre, le rendement par hectare s'élèverait à 1,644 kil.

La canne d'Otaïti laissant écouler, quand elle passe au moulin, environ 56 p. 100 de vesou renfermant 0,175 de sucre, les 19,134 kil. donnent effectivement en vesou 10,715 kil. contenant :

Sucre......	1,875 kil.
Eau.......	8,840

Aux 2,105 kil. de ligneux indiqués par l'analyse, si l'on joint le sucre resté dans la bagasse, on a en totalité 3,196 kil. de combustible. On suppose en pratique que 1 kil. de bois sec peut vaporiser 3 kil. et demi d'eau; en donnant au sucre contenu dans la bagasse le même pouvoir calorifique qu'au ligneux, on trouve que, théoriquement, la canne donne bien plus que le combustible nécessaire à la cuite du vesou. Mais tout le sucre resté dans le ligneux de la canne exprimée est loin d'être utilisé; la bagasse, quand elle est mise à sécher, subit une fermentation rapide; elle répand une odeur de vinaigre très-prononcée; la presque totalité du sucre est détruite. En effet, des bagasses sèches, examinées par M. Péligot, ne renfermaient plus qu'une faible proportion de principe sucré. Néanmoins, si l'on tient compte des têtes de tiges, et de la température initiale du vesou qui approche de 30° cent., on comprend qu'à l'aide de foyers bien établis, la canne produise assez de combustible pour l'extraction du sucre qu'elle renferme.

Dans les contrées intertropicales, la canne occupe le sol pendant douze à quinze mois; on la coupe lorsqu'elle *sèche*, c'est-à-dire vers l'époque de sa florai-

son. Il n'en est plus ainsi dans les régions dont le climat est tempéré, la végétation peut alors être ralentie ou même suspendue durant une partie de l'année; c'est ce qui arrive, par exemple, dans le midi de l'Espagne, à la Louisiane, où l'industrie sucrière s'exerce dans les basses terres comprises entre le 29e et le 31e degré de latitude; la canne plantée en mars lève en avril et en mai, et l'on doit la porter au moulin avant les gelées, qui se font sentir vers le mois de novembre, c'est-à-dire après six mois de végétation seulement, et bien avant qu'elle ait atteint une maturité parfaite, car elle ne *flèche* que très-rarement. Les variétés qui réussissent le mieux à la Louisiane sont : la canne originaire de Java, dite rubanée, à zones rouges et violettes, et la rouge à teinte violette; ces deux variétés résistent à un abaissement de 2 à 3 degrés au-dessous de zéro. Malgré des circonstances climatériques aussi peu favorables, la Nouvelle-Orléans produit des quantités considérables de sucre. Ainsi, la récolte en sucre brut a été :

En 1842 (1),	de 64	millions de kil.
En 1843,	47	—
En 1844,	91	—

Suivant M. Avequin, le rendement en jus de la canne cultivée à la Louisiane est, pour 1000 kilog., pressés dans un moulin bien construit et mû par la vapeur :

(1) Avequin, Manuscrit. L'année 1844 a été une année d'une fertilité exceptionnelle.

	CANNES				
	Rubanée. kil.	Violette. kil.	Blanche. kil.	Otaïti. kil.	Créole. kil.
Bagasse.....	369	370	360	342	322
Jus.........	631	630	640	658	677
Jus p. °/₀....	63	63	64	66	68

La proportion de ligneux sec et privé de toutes matières solubles contenues dans trois de ces variétés est :

	CANNES		
	Rubanee.	Otaïti.	Créole.
Ligneux ...	11,2	10	9,2
Jus........	88,8	90	90,8
	100,0	100	100,0

Comme, dans les meilleurs moulins, on ne retire que 63 de jus pour 100 de canne, on voit, en y admettant 10 pour 100 de ligneux sec, qu'il reste dans les 37 kilog. de bagasse humide que laissent 100 kilog. de canne, 27 kilog. de jus sucré perdus pour la fabrication.

M. Avequin a constaté, par des expériences faites sur une très-grande échelle, le rendement, en sucre, du jus de canne. De 5,300 litres de jus, d'une densité de 1,060, pesant par conséquent 5,618 kilog., il a retiré :

	Kil.	Pour 100.
Sucre égoutté.....	454	8,1
Mélasse..........	286	5,1
Fond de citerne...	42	0,8
	782	14,0

c'est 14 de matières sucrées pour 100 de jus d'une densité de 1,060; quand cette densité est moindre,

il faut quelquefois 7 à 8,000 litres de jus pour obtenir la même quantité de sucre égoutté.

Le jus de la canne de la Nouvelle-Orléans ne paraît pas avoir une composition aussi simple que celle attribuée au jus de la canne cultivée dans les régions équinoxiales : les nombreuses analyses faites par M. Avequin montrent, en effet, qu'indépendamment des sels qui y sont dissous, le jus de la Louisiane renferme, en assez forte proportion, de l'albumine et une substance non azotée qui n'est pas du sucre.

Voici les résultats analytiques obtenus en opérant sur 10 litres de jus, soit environ 10 kilogrammes.

	Jus de la canne violette. Densité 1,035.	De la canne rubanée. Densité 1,054, cultivée en terre neuve.	De la canne d'Otaïti. Densité 1,058, cultivée en vieille terre.	De la canne rubanée. Densité 1,062, cultivée en vieille terre.
	Gramm.	Gramm.	Gramm.	Gramm.
Acétate de potasse...	46,84	49,86	26,37	17,40
Sulfate de potasse.... Chlorure de potassium }	17,15	19,47	9,63	5,67
Phosphate de chaux...	26,41	27,52	14,20	9,20
Phosphate de magnes.	5,50	5,76	2,27	1,07
Silice..............	6,47	11,00	2,75	3,17
Oxyde de fer et de magnésie...........	0,42	0,58	0,15	0,50
Matières organiq. autres que le sucre...	44,80	46,25	35,25	27,00
	147,59	160,24	90,62	64,01

La canne, venue en *terre neuve*, dans un sol qui n'avait pas encore été soumis à la culture, donne le jus le plus chargé de matières salines ; c'est à la présence de cette forte proportion de sels que les planteurs attribuent la difficulté qu'on éprouve dans le

travail de la sucrerie, quand on traite des cannes ayant cette origine.

Plus le jus de canne est riche en sucre, moins il renferme de matières salines; en effet, les sels à acide minéral et à acide végétal, les substances organiques non sucrées augmentent à mesure que le sucre diminue. M. Avequin est arrivé à cette conclusion en incinérant le résidu laissé par un litre de moût dont il avait préalablement déterminé la densité. Voici les résultats :

Densité à l'aréomètre. Degrés.	Densité, l'eau étant 1	Résidu de l'incinération. Grammes.	Matière minérale pour 1000.
10 1/2	1,077	2,25	2,09
9 1/2	1,069	2,36	2,21
9	1,065	2,60	2,44
8	1,058	2,93	2,73
7 1/2	1,054	3,20	3,03
7	1,050	3,38	3,22
6	1,042	5,10	4,89
5	1,035	7,23	7,00

Le jus employé dans ces expériences avait été pris sur diverses parties de la plante, depuis le bas jusqu'au sommet, dans une même plantation, et à l'époque jugée la plus favorable à la récolte. M. Avequin a constaté que la partie supérieure de la canne est moins riche en sucre que la partie inférieure. Un fait non moins intéressant, qui ressort des laborieux et consciencieux travaux de cet habile chimiste, c'est celui de la présence constante de l'acide carbonique dans le jus frais de la canne, acide qui contribue certainement à la dissolution des phosphates de chaux et de magnésie.

Les produits obtenus par la culture de la canne à la Louisiane sont sujets à d'assez fortes variations. En 1840, sur la rive droite du Mississipi, 165 hectares, 6 ares de canne de Java ont rendu 26,042 hectolitres de jus, dont on a extrait, après trois mois d'égouttage, 248,049 kilog. de sucre brut. Soit, par hectare, 1,495 kilog.

En 1841, la même surface cultivée a donné 16,045 hectolitres de jus qui ont produit 135,745 kilog. de sucre brut. Soit par hectare, 820 kilog.

En 1842, la même culture a donné 25,390 hectolitres de jus qui ont fourni 125,336 kilog. Soit par hectare, 757 kilog.

En 1843, on a retiré de la même culture 28,290 hectol. de jus et 121,172 kilog. de sucre brut. Soit, par hectare, 732 kilog.

En 1844, année extraordinairement favorable, les cannes récoltées sur 212 hectares ont produit 36,604 hectol. de jus dont on a extrait 402,002 kilog. de sucre brut, soit 1,896 kilog. par hectare.

Les mélasses provenant de l'égouttage de cette dernière quantité de sucre ont pesé 180,209 kilog., c'est 44,8 kilog. de mélasse pour 100 kilog. de sucre brut. Le jus avait une densité de 1,070, les 36,604 hectol. devaient peser 3,916,600 kilog.; et, comme par la pression on retire environ 63 kilog. de jus de 100 kilog. de cannes, il en résulte que le poids des cannes récoltées sur 212 hectares pesait 6,216,825 kilog. On voit donc, que 100 kilog. de cannes ont rendu 6,5 kilog. de sucre brut égoutté et 2,9 kilog.

de mélasse, en tout 9,4 kilog. de matière sucrée.

M. Avequin estime que dans la Louisiane 1 hectare de canne rend, en ne recuisant pas les mélasses, de 1,450 à 1,500 kilog. de sucre brut; les plus forts rendements ne dépassent pas 2,750 kilog. Dans les colonies, 100 kilog. de sucre égoutté laissent couler environ 25 kilog. de mélasse; dans la Louisiane, la production de ce sirop est plus considérable. M. Avequin attribue cette forte quantité de mélasse à une plus forte proportion de sels de potasse dans le moût. Il sort annuellement de cette contrée plus de 9 millions de kilog. de mélasse, destinée aux États de l'ouest et du nord de l'Amérique, où on la consomme comme aliment; les Américains mangent la mélasse avec du petit salé (1). Une quantité considérable de cette matière est employée à la préparation du rhum.

La mélasse renferme la presque totalité des sels qui se trouvaient dans le jus de la canne dont on a extrait le sucre. En opérant sur 10 litres ou 13,8 kilog. de bonne mélasse, M. Avequin a trouvé :

	Grammes.
Acétate de potasse	288,45
Chlorure de potassium	53,80
Sulfate de potasse	72,49
Phosphate de chaux	60,88
Phosphate de magnésie	15,68
Silice	23,80
Acétate de cuivre	0,22
Oxyde de fer et de manganèse	0,63
Matières organiques	66,26
	582,21

(1) Avequin, Manuscrit.

L'interruption de la culture pendant la saison froide oblige le planteur de la Nouvelle-Orléans à mettre en réserve les cannes destinées à garnir le sol dans la campagne prochaine. A cet effet, on les coupe à la base, en leur laissant leurs feuilles; pour les conserver pendant l'hiver on en forme des tas de 15 à 20 mètres de longueur, et de 7 à 8 mètres de largeur, sur 1 mètre d'épaisseur. Les plants sont couchés dans le même sens, de manière à ce que les feuilles des uns recouvrent les tiges des autres; le tas est enveloppé de paille assujettie avec de la terre. On estime, qu'il faut conserver les cannes de 10 hectares, pour se procurer le plant nécessaire à une surface de cent hectares.

M. Avequin a recueilli des documents très-précieux sur l'industrie sucrière à la Nouvelle-Orléans; les renseignements de cette nature sont si rares, que je crois devoir les faire connaître avec quelques détails.

Estimation approximative de la valeur d'une habitation installée en sucrerie, sur les bords du Mississipi (1).

600 toises de terre (2), faisant face au fleuve, sur une profondeur de 2,400 toises, ou en superficie, 1600 arpents, soit 547 hectares :

(1) Avequin, Manuscrit.

(2) C'est l'arpent de Paris, ayant 900 toises en superficie, la toise ayant 6 pieds français.

	Piastres.
A 3,715 piastres (1) l'arpent	60,000
Sucrerie, machine à vapeur, moulin et accessoires..	20,000
Bâtisses et installations de tout genre............	10,000
55 nègres.... / 45 négresses.. / 40 négrillons. } à 500 piastres chacun..........	70,000
60 { chevaux. / mulets... } à 70 piastres chacun............	4,200
60 bœufs de travail, de 15 à 20 piastres environ...	1,000
Instruments aratoires, charrues, charrettes, harnais. / Matériel de toute espèce.......................	2,000
Total du capital......	167,200

A la Louisiane, les terres sont évaluées et se vendent par concession, faisant face au Mississipi, à une rivière, à un *bayou*, aux rives d'un lac. La concession se compte par arpents, face au fleuve, sur 40 arpents de profondeur. Il y a première, seconde, troisième, quatrième concession, etc., selon la profondeur de l'eau voisine de la localité. Le *bayou* est une communication entre deux lacs, entre le fleuve et un lac, ou d'un lac à la mer, etc. Les *bayous* sont nombreux à la Louisiane. Quelques-uns sont assez profonds pour que les bateaux à vapeur puissent y naviguer.

Habitation. — Sucrerie.

Capital investi, en somme ronde...... 167,000 piastres.

Atelier, 140 esclaves ; ce nombre suppose 100 travailleurs environ : les domestiques, les enfants jusqu'à l'âge de 12 à 13 ans ne sont pas comptés comme tra-

(1) La piastre dont il s'agit ici vaut 5 fr. 42 c.; le *cent* est la 1/100 partie d'une piastre.

vailleurs. Le bois, le maïs, le fourrage, les aliments pour les esclaves et les animaux font partie de la récolte.

Frais :

Dans une habitation bien gérée, toutes les dépenses quelconques, comme la nourriture, l'entretien, l'habillement des esclaves, les honoraires du médecin, les médicaments, le traitement du gérant, les gages du mécanicien, s'élèvent à environ 75 piastres par tête d'esclaves, petits et grands. Cette évaluation a été prise pour base par les banques hypothécaires de la Nouvelle-Orléans, et comme la moyenne des dépenses présumées d'un grand nombre d'habitations.

	Piastres.
140 esclaves à 75 piastres, ci	10,500
Pertes d'esclaves par an	2,500
Pertes d'animaux environ	1,000
Entretien des machines et des instruments aratoires.	1,000
Total des dépenses	15,000

Quelle que soit la récolte, ces dépenses restent les mêmes.

Revenu :

Produit annuel, pris en moyenne, sauf ouragans, débordements de fleuves, 500,000 livres (1) de sucre brut.

Mélasse, 27,500 gallons (2).

(1) Livre avoir du poids à 0kil., 453.

(2) Le gallon américain répond à une capacité d'environ 3 lit., 8.

	Piastres.
500,000 livres de sucre brut à 3 *cents* la livre.......	15,125
27,500 gallons à 15 *cents* le gallon..............	4,125
Total	19,250
A déduire, frais comme ci-dessus......	15,000
Reste.......	4,250

Ce qui, sur un capital de 167,000 piastres, représente l'intérêt de 2,47 p. 100.

Le prix du sucre étant 5 *cents* la livre ; celui de la mélasse 20 *cents* le gallon, on a :

	Piastres.
500,000 livres de sucre brut à 5 cents la livre.......	25,000
27,000 gallons de mélasse à 20 cents le gallon. ..	5,500
Total.......	30,500
A déduire, frais comme ci-dessus....	15,000
Reste.......	15,500

L'intérêt du capital engagé devient alors 9,28 p. 100. Le prix de la livre de sucre brut variant, depuis quelques années, entre trois *cents* et cinq *cents*, il en résulte que l'intérêt est à peu près de 6 p. 100, parce que les dépenses générales, les pertes d'esclaves et d'animaux sont portées un peu trop haut dans le tableau ci-dessus.

Sucre de betterave.

La présence de sucre dans la betterave fut constatée par Margraff. Achard, de Berlin, essaya d'appliquer cette découverte; mais ce fut seulement à l'époque du système continental, que la fabrication du sucre de betterave reçut en France un grand degré de

perfection et une impulsion qui ne s'est point ralentie. La betterave, aujourd'hui si généralement cultivée, provient, selon Thaer, de la *beta vulgaris*. Les deux variétés principales de cette racine sont la betterave rouge, cultivée depuis fort longtemps dans les potagers, et la betterave blanche. Entre ces deux extrêmes viennent se ranger les racines ponceau, couleur de chair, annulaires, etc. Les graines d'un même plant produisent souvent des variétés de couleur assez dissemblables; cependant, les betteraves entièrement rouges ou entièrement blanches paraissent être les plus constantes, et Thaer a émis l'opinion que les variétés intermédiaires proviennent de leur croisement (1).

La betterave champêtre présente une racine très-volumineuse qui croît en grande partie au-dessus du sol; c'est une plante des plus robustes, que l'on cultive depuis très-longtemps en Alsace et en Suisse pour la nourriture du bétail. La racine à laquelle on donnait autrefois la préférence pour la fabrication du sucre est conique; sa peau est rose, et son intérieur présente des couches concentriques colorées; mais il paraît que la variété blanche de Silésie, propagée en France par Matthieu de Dombasle, est la plus productive.

La betterave vient bien dans presque tous les terrains, à la condition qu'ils soient suffisamment fumés; elle réussit dans des sols meubles, comme dans

(1) Thaer, *Principes raisonnés d'Agriculture*, t. IV, p. 218.

les terres fortement argileuses. Une autre qualité précieuse que présente cette racine, c'est de croître dans des climats très-différents. On la cultive avec succès dans le nord et dans le midi de la France.

Le plus souvent la betterave est semée en pépinière, pour être repiquée; cette méthode semble décidément prévaloir, parce qu'elle laisse du temps pour préparer le sol, et surtout pour accumuler et transporter les engrais.

La graine est mise dans un sol bien préparé et fortement fumé. La pépinière n'occupe guère que le dixième de la surface que doit avoir la sole de betteraves. On sème lorsque les gelées du printemps ne sont plus à redouter; et le repiquage des plants, dans l'est de la France, s'exécute vers la mi-mai et même dans le courant de juin, sur les soles qui ouvrent la rotation. Les betteraves sont ordinairement espacées de 4 à 6 décimètres; on donne un premier sarclage lorsque les feuilles commencent à se développer. Dans le nord, la récolte ne commence guère qu'à la fin de septembre; généralement, elle est terminée dans le cours du mois d'octobre. On est toujours disposé à retarder l'arrachement, par la raison que les betteraves croissent visiblement durant l'arrière-saison. Ces récoltes tardives ont plus d'un inconvénient dans les contrées où le froment d'automne doit succéder à la plante sarclée. Sans parler des embarras qui surgissent par le fait d'une saison souvent pluvieuse et de la difficulté des labours, il en résulte le plus ordinairement de mauvaises semailles de céréales. Pour obvier à ces in-

convénients, qui exercent l'action la plus fâcheuse sur nos récoltes de froment, nous avons enlevé des betteraves à l'époque où il était convenable de donner le labour pour les semailles d'automne, c'est-à-dire plus d'un mois avant la récolte générale des racines. Pour agir ainsi, nous nous sommes fondé sur ce fait intéressant constaté par les recherches chimiques de M. Péligot, que les betteraves ont, à tous les âges de leur existence, la même constitution, avec cette seule différence que les jeunes plants renferment un peu plus d'eau. Dans la récolte prématurée que nous avons essayée, nous avons naturellement recueilli un poids de racines moindre que si nous eussions attendu ; mais la faculté nutritive de ces betteraves devait être ce qu'elle aurait été plus tard ; restait à déterminer si ces racines étaient de nature à se conserver, si le bétail les consommait sans répugnance. C'est ce dont nous avons pu nous convaincre durant l'hiver. De sorte que la marche à suivre pour obtenir en poids un rendement moyen, en récoltant néanmoins avant l'époque ordinaire, serait de semer plus dru ou de repiquer plus serré, de moins espacer les plants. Si l'expérience prononce en faveur de cette méthode, le seul inconvénient que présente la culture de la betterave en première sole fumée, celui d'occasionner souvent de mauvaises semailles de céréales d'automne, disparaîtra complétement.

L'arrachement des betteraves se fait facilement à la main, pour les espèces qui croissent hors de terre. On emploie la bêche, le trident, certaines charrues pour

retirer celles qui se développent sous le sol. On effeuille et on nettoie sur le terrain; les parties vertes de la plante laissent une masse considérable d'engrais quand on ne les fait pas consommer par le bétail.

Pour extraire le sucre des betteraves, on les lave, on les râpe, et on soumet la pulpe à l'action d'une forte presse. Comme le jus de canne, le jus de betterave s'altère promptement au contact de l'atmosphère. On le chauffe; quand la température est parvenue à 70° centigrades, on y ajoute de la chaux délayée en bouillie claire, pour neutraliser l'acidité, et favoriser la défécation en s'unissant à l'albumine. Lorsque le jus a jeté quelques bouillons, on abaisse sa température, on enlève les écumes, le suc est clarifié; au bout d'une heure, il devient tout à fait limpide, et d'une couleur légèrement jaune. Ce jus est porté sur un filtre contenant du charbon animal, qui a déjà servi à décolorer du sirop concentré; de ce filtre, il se rend dans une chaudière située au-dessous de celle dans laquelle s'est opérée la clarification; on l'évapore rapidement jusqu'à ce qu'il marque 15 à 17° de l'aréomètre. Le sirop arrivé à cet état de concentration coule dans des réservoirs où il reste pendant quelques heures; il se forme un dépôt abondant. On décante le liquide, on le concentre; et quand il marque 27° à l'aréomètre, mesuré chaud, on le passe sur une couche épaisse de charbon animal en grains et préalablement mouillé. La cuite du sirop clarifié et décoloré s'achève par les procédés suivis dans la fabrication du sucre de canne.

En France, on évalue le rendement moyen de 100 kilog. de betteraves à 4 k.,6 de sucre blanc (1). On peut juger de la perte éprouvée durant le traitement, par la composition de la betterave.

Cette perte considérable est principalement attribuée à l'action des sels de potasse contenus dans le jus de la betterave comme dans le jus de la canne, sels qu'on retrouve en forte proportion dans les mélasses. A cette cause incontestable de l'altération du sucre pendant la cuite, il faut en ajouter une autre, plus puissante peut-être, dont les effets se manifestent dans le jus immédiatement après son extraction par la presse. Cette action destructive provient de ce que la substance albumineuse, au contact de l'air, se modifie en un véritable ferment qui rend le sucre incristallisable : dans l'opinion de M. Melsens, qui a étudié avec une rare intelligence les causes de l'altération de la matière sucrée, il suffit, pour s'opposer à la naissance des ferments destructifs, d'écarter toute intervention de l'air. En partant de ce principe, M. Melsens s'est appliqué à rechercher un corps très-avide d'oxygène, sans action sur le sucre, sans danger pour la santé, facile à préparer. Le bisulfite de chaux lui a semblé satisfaire à ces diverses conditions. Ce sel opère la coagulation de l'albumine, de la caséine, du blanc d'œuf, à la température de l'eau bouillante. Le bisulfite de chaux

(1) Documents relatifs au projet de loi sur le sucre indigène, recueillis par la Commission de la chambre des députés.

possède donc toutes les propriétés d'un défécant, puisqu'il enlève les matières azotées de la canne et de la betterave; il agit en outre comme décolorant; il substitue aux acides fixes du jus un acide gazeux, inerte, l'acide sulfureux.

M. Melsens, en se fondant sur de nombreuses expériences, est tellement persuadé des propriétés conservatrices du bisulfite de chaux, qu'il croit que dans les régions tropicales, où le jus de canne s'aigrit avec une si grande rapidité, il deviendrait possible d'extraire le sucre par le seul emploi de la chaleur solaire, en évaporant le jus à l'air libre, comme on évapore l'eau salée dans les marais salins. Sans partager, à ce sujet, toutes les espérances de M. Melsens, j'incline à penser que le bisulfite de chaux trouvera une utile application dans le traitement des bagasses, dont le sucre est détruit avec une étonnante rapidité. L'emploi du bisulfite permettrait de râper à l'avance la betterave, et d'en conserver les pulpes pour les presser ensuite plus lentement, à plusieurs reprises, en les épuisant par des lavages. Les jus fourniraient des défécations limpides et incolores n'exigeant plus l'emploi du noir animal; concentrés dans les chaudières, jusqu'à la densité de 1,30, ils seraient portés à l'étuve pour cristalliser. Cette méthode simplifierait beaucoup l'extraction du sucre; et, en supposant même qu'elle ne fût pas adoptée dans la grande fabrication, elle porterait l'industrie sucrière à se développer dans les fermes. En effet, comme le remarque M. Melsens, il suffit d'un coupe-racines,

de quelques tonneaux, d'une chaudière à lessive et de quelques terrines pour extraire d'un millier de kilogrammes de betteraves, du premier coup, un sucre plus blanc que les plus beaux sucres du commerce.

Le procédé analytique suivi par M. Péligot, pour analyser la betterave, est très-facile à exécuter et suffit aux besoins de l'industrie (1). Il consiste à prendre 25 à 30 grammes de racine coupée en tranches très-minces; on place ces tranches dans une soucoupe de porcelaine tarée, et on les dessèche au bain de sable ou à l'étuve, à l'aide d'une température un peu supérieure à 100 degrés centigrades. La racine est sèche quand son poids ne diminue plus sensiblement, malgré son séjour dans l'étuve. On a ainsi la proportion d'eau, et celle des matières solides. Ces matières sont pulvérisées, et traitées à plusieurs reprises par l'alcool bouillant, à la densité de 0,83 de l'alcoograde de Gay-Lussac. M. Péligot recommande de sécher et de pulvériser plusieurs fois le résidu du traitement par l'alcool, pour le reprendre de nouveau par l'alcool bouillant, afin d'enlever tout le sucre renfermé dans les cellules.

Le produit insoluble dans l'alcool est desséché et pesé; il consiste principalement en ligneux et en albumine coagulée. Par différence de poids, on peut en conclure la quantité de sucre qui a été dissoute dans l'alcool. On traite par l'eau bouillante le mélange

(1) Péligot, *Recherches sur l'analyse de la betterave à sucre.*

d'albumine végétale et de ligneux ; la matière se gonfle considérablement ; elle reprend l'aspect qu'avait la betterave avant qu'elle eût été desséchée ; un principe, que nous connaîtrons bientôt sous le nom de pectine, se dissout ; le résidu insoluble consiste surtout en ligneux mêlé à un peu d'albumine coagulée, qui, desséché et pesé, donne par différence le poids de la matière dissoute dans l'eau.

Pour démontrer que c'est du sucre cristallisable qui a été dissous dans l'alcool, il suffit de placer la dissolution alcoolique dans le vide, au-dessus d'un vase contenant de la chaux vive ; l'eau s'évapore rapidement, l'alcool se concentre, et le sucre se dépose en cristaux incolores et transparents, analogue au sucre candi. Lorsque la betterave contient, comme cela arrive assez fréquemment, quelques sels solubles dans l'alcool, notamment du nitrate de potasse, il devient nécessaire, pour en déterminer la proportion, d'incinérer une partie du sucre dosé. A l'aide de cette méthode analytique, M. Péligot a recherché quelle est la composition de la betterave à sucre, aux diverses époques de sa croissance. Les racines examinées avaient été cultivées au Muséum d'histoire naturelle, et dans les environs de Paris.

LOCALITÉS.	ÉPOQUES DE L'ARRACHEMENT.	MATIÈRE sèche pour 100.	EAU.	SUCRE.	LIGNEUX et albumine.	PECTINE.
École de botanique........	2 août, racine très-petite..................	9,5	90,5	5,0	4,5	avec le ligneux.
	1er septembre, racine de 1,100 gr..........	7,4	92,6	4,2	2,5	1,0
	1er septembre, racine de 460 gr...........	9,4	90,6	5,0	2,8	1,6
	7 septembre, racine de 7 à 800 gr..........	10,0	90,0	7,3	1,9	0,8
	Racine très-jeune, pesant environ 0,3 gr...	13,7	86,3	5,9	4,4	3,4
	26 septembre, racine de 80 à 100 gr......	16,1	84,9	10,0	3,3	1,8
	9 octobre, racine de 150 gr...............	14,1	85,9	»	»	»
	13 novembre, racine de 150 gr............	13,9	86,1	»	»	»
Vigneux................	23 septembre, racine de 500 gr............	16,9	83,1	11,9	3,2	1,8
	23 septembre, racine de 700 gr............	13,0	87,0	8,6	2,7	1,7
Grenelle...............	7 août, racine de 300 gr..................	15,5	84,5	8,9	6,6	avec le ligneux.
	11 août, racine de 600 gr.................	12,6	87,4	8,2	2,8	1,6
	30 août, racine de 1 kilogr...............	13,1	86,9	8,6	3,1	1,4
	Betterave venue en fleur, pesant 200 gr....	16,5	83,5	9,8	3,3	3,4
	Betterave porte-graine, de 2 ans...........	5,5	94,5	0,0	2,5	1,1 (1)
Roville (Meurthe).......	Betterave blanche de Silésie (2)...........	15,8	84,2	10,6	3,1	2,1
	Feuilles de betterave.....................	6,4	93,6	1,3	3,6	(3)

(1) Contenait en outre 0,9 de nitre qui a été dosé.

(2) Analysée par M. Braconnot.

(3) Nitre 1,5. L'albumine est comprise dans 1,3 de sucre.

Dans un examen approfondi du jus de la betterave, M. Braconnot a reconnu que le principe azoté, l'albumine, ne se coagule pas par l'action de la chaleur, même en prolongeant l'ébullition du liquide, ou en le concentrant par l'évaporation; il attribue la non-coagulation de l'albumine, à l'absence de sels de chaux dans le suc de betterave, parce que si l'on ajoute à ce suc une petite quantité d'un sel calcaire, tel que du chlorure de calcium, de l'acétate de chaux, ou même du sulfate de chaux réduit en poudre, et que l'on chauffe le mélange, la totalité de l'albumine se précipite instantanément en flocons volumineux. On obtient, par cette simple addition d'un sel de chaux, une liqueur aussi limpide et moins colorée que le jus déféqué par la chaux caustique; cette liqueur évaporée convenablement, placée dans une étuve, se prend en une masse de sucre cristallin, presque complétement privé de mélasse. De ses observations, M. Braconnot conclut qu'il y a lieu d'espérer que le sulfate de chaux en poudre pourra remplacer avantageusement la chaux vive dans la défécation du jus, sans en présenter les inconvénients (1).

L'albumine du jus de betterave est mise en évidence, par l'addition de quelques gouttes d'acide acétique; en faisant bouillir, on la rassemble en flocons. En traitant cette albumine par l'éther, on en retire une graisse jaunâtre contenant deux matières:

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXXII, p. 440, 2e série.

l'une analogue à la cire, l'autre ayant la constitution du suif. La betterave de Silésie renferme (1) :

Sucre cristallisable.
Albumine.
Pectine.
Matière mucilagineuse.
Ligneux.
Phosphate de magnésie.
Oxalate de potasse.
Malate de potasse.
Phosphate de chaux.
Oxalate de chaux.
Acide gras (suif).
Cire.
Chlorure de potassium.
Sulfate de potasse.
Nitrate de potasse.
Oxyde de fer.
Matière azotée, soluble dans l'eau.
Matière odorante.
Sel ammoniacal, en petite quantité.
Acide pectique.

De l'ensemble des analyses de M. Péligot, il résulte évidemment que l'on peut admettre pour la composition moyenne de la betterave :

Eau	87
Matière soluble dans l'eau (sucre)	8
Substances insolubles (ligneux)	5
	100

Et comme on n'en retire que 4,6 de sucre pour 100, on voit que, dans le traitement de la betterave, on n'extrait guère que les 3/5 du sucre. Mais il arrive, comme dans le traitement de la canne, qu'une par-

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXXII, p. 444, 2e série.

tie de cette perte provient du sucre resté dans la plante après qu'elle a été exprimée. Ainsi, avec les presses aujourd'hui en usage, on retire de 100 kilog. de betteraves râpées, 60 à 70 kilog. de jus, quand la racine en contient peut-être 95 kilog. On ne doit donc compter comme soumis à la fabrication, que 65 kilog. de jus renfermant, d'après la moyenne des analyses, 5 kilog. 1/2 de sucre. La perte réelle éprouvée durant le traitement, se réduit donc, quand on obtient 4 kilog. 1/2 de sucre pour 100 kilog. de racine, à environ 1/5. Cette perte, déjà forte, est souvent évaluée plus haut encore, quand on admet dans la racine 10 et 11 pour 100 de sucre cristallisable. Dans le travail de la canne, le sucre laissé dans la bagasse est complétement perdu, puisqu'il est brûlé ou détruit par la fermentation. Sous ce rapport, la betterave offre sur la canne un avantage, c'est que le sucre des pulpes sert à l'alimentation du bétail. En effet, la pulpe est de la betterave qui n'a pas été déchirée par les râpes; et si elle est un peu inférieure, comme aliment, à la racine entière, cela tient à ce qu'à poids égal elle renferme une proportion plus forte de ligneux, c'est-à-dire le ligneux qui appartenait au jus sorti de la presse. On peut même évaluer approximativement la composition de la pulpe relativement à celle de la racine. D'après la constitution moyenne que nous avons assignée à la betterave, et en supposant qu'elle ait rendu 0,65 de jus et 0,35 de pulpe, il est facile de voir que cette pulpe se composera pour 100 de :

Eau	79
Sucre et albumine	7
Ligneux	14
	100

Une des causes qui influe peut-être le plus sur la faiblesse du rendement de la betterave, vient de la difficulté de la conserver lorsqu'elle est arrivée à l'état de maturité. Les racines étant récoltées à la fin de l'automne, elles ont à redouter autant les hivers rigoureux qu'une température trop douce. La gelée détruit leur organisation; et, durant les hivers doux, la végétation continue, aux dépens du principe sucré. Puisque la betterave contient du sucre, à toutes les époques de son existence (1), il faudrait ne pas attendre son complet développement; en semant plus dru et en commençant le travail de la sucrerie avant l'époque de la récolte, on arriverait probablement à compenser la différence en moins du poids des racines qui serait une des conséquences de cette innovation. Si cette vue de M. Péligot est réalisable dans la pratique, au moins dans certaines limites, la culture de la betterave rentrerait dans celle de la canne, en permettant au travail de la sucrerie un roulement qui diminuerait les inconvénients de la conservation.

Le produit en betterave rendu par le sol varie nécessairement selon le terrain, les soins donnés à la

(1) Péligot, *Recherches sur l'analyse de la betterave*, p. 21.

culture, et les engrais dont on peut disposer ; voici les rendements officiels admis en France (1) :

	Récolte par hectare.
Pas-de-Calais............	31,400 kilog.
Aisne....................	25,500
Nord.....................	35,000
Somme....................	24,500
Eure-et-Loir.............	8,500
Seine-et-Oise............	27,250
Cher.....................	38,000
Seine-et-Marne	30,000
Meurthe (Roville) (2).....	17,500
Moyenne...	26,405 kilog.

Cette moyenne s'approche de nos récoltes de Bechelbronn, enregistrées depuis environ quinze ans.

En adoptant le rendement de 4 6/10, on trouve qu'en France un hectare cultivé en betterave produit, dans l'état actuel de la fabrication, 1215 kilog. de sucre, et cela en 7 mois; la production réelle, la totalité du sucre élaboré sur un hectare étant au moins de 2112 kilog.

Comme point de comparaison, je rappellerai qu'un hectare cultivé en canne d'Otaïti, dans un climat favorable, fournit 1875 kilog. de sucre en 14 mois environ, la quantité indiquée par l'analyse pour la même surface étant de 2966 kilog.

En Alsace, je trouve, d'après nos comptes de 1841,

(1) Tiré des réponses à une Commission d'enquête de la chambre des députés.

(2) Matthieu de Dombasle, *Supplément aux Annales de Roville*, p. 62 (17,493 kilog.).

que pour cultiver un hectare de betteraves, on a dépensé 113 journées d'homme et 35 journées de cheval. Dans un document sur les sucreries de la Guadeloupe, on admet qu'un domaine de 150 hectares est exploité par 150 nègres, ce qui, en évaluant la durée de la culture à 14 mois, porterait le nombre de journées d'homme à 425 par hectare (1). Une semblable dépense de force est de nature à absorber la plus grande partie des bénéfices; aussi, dans l'enquête faite à l'occasion de la loi sur les sucres, on a fait voir que pour le domaine dont il est ici question, la dépense de culture et de fabrication égale la valeur du produit. Dans la Louisiane, nous avons vu qu'une culture de 547 hectares occupe seulement 100 nègres, hommes et femmes; mais le travail du sol y est interrompu pendant une partie de l'année. Cependant la canne présente sur la betterave un avantage considérable, qui est de fournir le combustible nécessaire à la cuite de son vesou; on appréciera d'autant mieux cet avantage, quand on saura que pour produire 100 kilog. de sucre de betterave on consomme 40 kilog. de houille (2).

D'après Neuman, la consommation du sucre par tête et par an, dans diverses contrées, peut être représentée ainsi (3).

---

(1) Documents relatifs au projet de loi sur le sucre indigène.

(2) *Enquête sur les sucres*; opinion de M. Dumas.

(3) *Moniteur de la Propriété et de l'Agriculture*, numéro du 31 janvier 1843.

Angleterre..........	10 kilog. par personne.
Irlande.............	2
Belgique............	7,5
Hollande............	7
France..............	4
Espagne	3,12
Suisse..............	3
Prusse, Danemark, Portugal	2,25
Suède et Norwége....	1,5
Autriche............	1,15
Italie	1
Russie..............	0,65

Dans les pays où le sucre est à très-bas prix, il devient un aliment ordinaire, sa consommation prend alors une extension considérable; sur les marchés publics des grandes villes de l'Amérique méridionale, on vend des rations composées de sucre brut et de fromage. M. Codazzi évalue à 50 kilog. le sucre consommé dans une année, par un habitant de Venezuela (1).

Dans les cinquante années qui viennent de s'écouler, la consommation du sucre a augmenté rapidement en France. En 1815, cette consommation était annuellement de 11 millions de kilog.; de 44 millions en 1820; de 52 millions en 1827; depuis 1846, elle est d'environ 120 millions de kilog.

Sucre d'érable (*acer saccharinum*). — L'érable est très-commun dans l'ouest des États-Unis, où il couvre souvent des surfaces très-étendues; mais, le plus com-

---

(1) Codazzi, *Resumen de la Geografia de Venezuela*, p. 142.

munément, il est dispersé au milieu des pins, des peuplierset des frênes, et, dans cette circonstance, on peuts'attendre à en rencontrer soixante à quatre-vingts par hectare de forêt. Cet arbre croît surtout dans les sols riches, il atteint la hauteur du chêne ; le tronc a environ 1 mètre de diamètre ; au printemps, l'érable se couvre de fleurs avant l'apparition des feuilles. On suppose qu'il est parvenu à son complet développement à l'âge de 20 ans.

On se procure la séve de l'érable en perforant le tronc à la profondeur de 2 à 3 centimètres. On place alors un tuyau légèrement incliné, qui ne pénètre pas tout à fait au fond du trou ; au-dessous de cette espèce de gouttière, se trouve un vase, pour recevoir le liquide. L'usage est de perforer d'abord l'arbre sur le côté regardant le sud ; quand l'abondance de la séve commence à diminuer, on ouvre alors une autre issue, au nord. La saison la plus favorable est le commencement du printemps, en février, mars et avril ; la séve s'écoule pendant cinq ou six semaines. On obtient d'autant plus de liquide, que les jours sont plus chauds et les nuits plus fraîches ; la quantité recueillie en 24 heures varie de un demi-litre à 22 litres ; la température de l'air exerce sur l'émission de la séve la plus grande influence ; par exemple, elle cesse totalement pendant les nuits où il gèle, après un jour qui a été chaud.

Ces arbres ne paraissent pas souffrir des perforations réitérées ; on cite un érable qui a encore fleuri après avoir donné du sucre pendant 42 années con-

sécutives. Dans certains cas, que l'on doit toutefois considérer comme exceptionnels, on a obtenu, en vingt-quatre heures, jusqu'à 104 litres de séve, dont on a retiré 2 kilog., 22 de sucre cristallisé; mais un érable de dimension ordinaire en émet dans une saison favorable 113 litres, produisant 2 kilog. 5 de sucre ; c'est cette quantité que l'on envisage comme le rendement annuel d'un arbre. On doit, par conséquent, supposer qu'en général la séve contient à peu près 2,2 pour 100 de son poids en sucre commercial. L'*acer saccharinum* devient plus productif par la culture. Ainsi, dans les forêts, des érables isolés des arbres environnants qui leur dérobaient la lumière du soleil; ceux qui ont été transplantés dans des jardins, rendent une séve plus abondante, plus dense, renfermant jusqu'à 3 pour 100 de sucre.

L'extraction du sucre de la séve d'érable ne présente rien de particulier; on suit une méthode analogue à celle qui est pratiquée pour le traitement du jus de la canne ou de la betterave. On doit se hâter de soumettre la séve à l'ébullition, parce qu'elle s'altère et fermente très-rapidement, à ce point que, dans plusieurs localités des États-Unis, on en fait une liqueur alcoolique, analogue au vesou fermenté. Dans la préparation du sucre d'érable, on obtient une quantité notable de mélasse, sans doute à cause de l'abondance des sels solubles de la séve. On sait, d'ailleurs, que l'érable laisse des cendres très-riches en potasse (1).

(1) Rush, *Transact. of the American philosoph. society*, t. III, p. 74.

M. Avequin évalue la production du sucre d'érable comme il suit :

État de l'Indiana.......	32,729	quintaux métriques.
État de l'Ohio..........	19,139	
État de Vermont.......	19,036	
	70,904	

Sucre de palmier. Le palmier qui, dans les parties méridionales de l'Inde, fournit du sucre cristallisé en grande quantité, est connu à Sumatra sous le nom de *anau*; c'est le *cleophora* de Gœrtner, qui atteint une hauteur de plus de 30 mètres. Ses fruits forment par leur réunion des grappes d'environ 1 mètre de long. Les Indiens se procurent la séve, en coupant un des jets destinés à porter des fruits, et ajustant à la section fraîche un vase, une callebasse dans laquelle le liquide se rassemble; dans une grande culture, on voit un appareil ainsi adapté à chaque palmier. La séve est enlevée toutes les 24 heures; il suffit de l'évaporer pour en extraire du sucre, qui ne diffère en rien du plus beau sucre de canne, quand il a été raffiné ; à l'état brut, sous lequel il est consommé dans une grande partie des Indes, on le nomme *yaggri;* c'est alors une espèce de cassonnade humide et gluante. La séve du palmier est souvent transformée en une liqueur vineuse très-estimée des Indiens, c'est une boisson fort en usage dans ces contrées. La moelle de l'arbre fournit du sagou. En général, les palmiers qui sont cultivés dans l'Inde donnent trois produits utiles : du sucre, de l'huile et une matière

amylacée. A Chinapatan, on en cultive trois ou quatre variétés (1).

Pour établir une pépinière de palmiers (*coconut palm*), on prend comme semence les noix qui se sont détachées naturellement ; on les laisse sécher à l'air, dans leur enveloppe. La terre, avant d'être ensemencée, est bêchée à une profondeur de 6 décimètres ; on la laisse ressuyer pendant trois ou quatre jours. On enlève ensuite une épaisseur de terre de 3 décimètres, et on recouvre la surface mise à nu avec 2 décimètres de sable. Les fruits sont placés sur ce terrain ainsi préparé, recouverts avec un peu de sable (7 centimètres), et une légère couche de terre végétale (5 centimètres). On arrose convenablement pendant trois jours consécutifs.

Au bout de trois mois, les jeunes palmiers peuvent être transplantés. On les espace à 6 mètres l'un de l'autre, dans toute direction. Pour les recevoir, on prépare des trous d'environ 6 décimètres de profondeur, dans lesquels on met une épaisseur de sable de 2 décimètres, sur laquelle on place les plants encore adhérents aux fruits, on achève de remplir avec du sable, et on recouvre avec un peu de terre.

Chaque jour, durant trois ans, les jeunes arbres doivent recevoir de l'eau. Le palmier commence à être productif à l'âge de 7 ou 8 ans, et il continue à donner des fruits, ou de la séve à sucre, pendant un temps

(1) Marsden, *History of Sumatra.*

très-considérable et sans occasionner aucun frais de culture (1).

Cette production de sucre prouve que la séve de la plupart des palmiers est riche en matière saccharine; il est évident d'ailleurs que toute séve capable de donner une liqueur vineuse par la fermentation, pourrait fournir du sucre, et si les palmiers ne sont pas plus généralement exploités dans ce but, c'est qu'alors on doit renoncer à la récolte de leurs fruits. Or, dans l'Inde, comme dans l'Amérique méridionale, l'huile extraite des noix de palmiers, a presque toujours une plus grande valeur que le sucre fourni par la sève.

Du sucre de raisin, ou glucose.

Nous avons établi précédemment que, par l'action des acides ou de l'orge germée, l'amidon se transforme en un principe sucré, fermentescible, qui, sous le rapport de la saveur et des propriétés physiques, diffère notablement du sucre. Comme ce principe sucré se rencontre en abondance dans le raisin, que Proust l'a d'ailleurs découvert dans ce fruit, il a pris le nom de sucre de raisin, qu'on a changé dans ces derniers temps en celui de glucose, sous lequel sont connus aujourd'hui tous les sucres analogues. Le glucose se présente sous la forme de petits cristaux blancs, très-mous, groupés en amas tuberculeux. Il se ramollit à 60° c., et devient

(1) Buchanan, *A Journey from Madras, etc.*, t. I, p. 155.

tout à fait sirupeux à 90° c. L'alcool anhydre ne le dissout pas, mais l'alcool aqueux en prend une quantité assez forte.

Dans le raisin, le glucose est associé à la crême de tartre (bitartrate de potasse), au tartrate de chaux, et à quelques autres matières salines. Pour l'extraire de ce fruit, on sature l'acide du moût par de la craie, ou du marbre réduit en poudre; on sépare le tartrate de chaux formé aux dépens de l'excès d'acidedu bitartrate; on clarifie la liqueur, et on la concentre jusqu'à ce qu'elle marque, chaude, 35° à l'aréomètre; par le refroidissement, le sucre de raisin se prend en une masse cristalline, que l'on soumet à une forte pression après l'avoir laissé égoutter. Aujourd'hui, le glucose du commerce est préparé avec de la fécule; on en fabrique des quantités considérables, qu'on introduit dans des vins, des bières ou des cidres, pour remplacer le principe sucré dont manquent certains moûts; en fermentant, il augmente nécessairement la proportion d'alcool dans les liqueurs vineuses.

Les glucoses provenant de la fécule, ou du raisin, ont une composition semblable; c'est aussi celle du sucre qu'on trouve dans l'urine des diabétiques.

GLUCOSE.

	de raisin, selon Saussure.	d'amidon, selon Guérin.	de diabète, selon Péligot.
Carbonne.......	36,7	36,1	36,4
Hydrogène......	6,8	7,0	7,0
Oxygène........	56,5	56,9	56,6
	100,0	100,0	100,0

Comme le sucre de canne, le glucose, en se combinant à certaines bases, abandonne une partie de son eau de constitution. A l'état où il est uni avec l'oxyde de plomb, il contient :

Carbone...........	43,3
Hydrogène.........	6,3
Oxygène...........	50,4
	100,0

Il est facile de voir par ces analyses, que le glucose cristallisé renferme :

Glucose anhydre.....	100
Eau...............	19

En comparant les deux sucres pris à l'état cristallisé, il devient évident que le glucose ne diffère du sucre de canne que par une plus forte proportion d'eau.

En effet, on peut représenter ainsi la composition du glucose ou sucre de raisin :

Carbone............		42,2	100 de sucre de canne.
Hydrogène..........		6,2	
Oxygène............		51,6	
Eau	Hydrogène...	1,8	15,8
	Oxygène.....	14,0	
			115,8 de sucre de raisin.

La canne, la betterave, les palmiers, le raisin, l'amidon transformé en glucose, sont les sources des matières sucrées qui entrent dans la consommation. Cependant des essais plus ou moins heureux ont été faits pour extraire du sucre de l'*a*-

nanas, de la *châtaigne*, de la *batate*, de l'*orange douce*, etc. En Hongrie, on a proposé de cultiver la citrouille comme succédanée de la canne; enfin, M. Pallas est parvenu à extraire, sur une assez grande échelle, du sucre cristallisé de la tige du maïs. De semblables essais avaient déjà été tentés en Allemagne, et bien avant la conquête, les Mexicains préparaient, avec le suc de la tige de maïs, un sirop qui se vendait sur les marchés. M. Pallas n'a pu en extraire que 3 pour 100 de sucre cristallisé. Dans une expérience que j'ai faite en Amérique, conjointement avec M. Roulin, le sucre brut obtenu répondait à 6 pour 100. Les tiges que nous avions fait presser dans un moulin à sucre, avaient été cultivées à Mariquita (température moyenne 23°); on les avait coupées très-peu de temps après la floraison. Le vesou était d'un vert très-prononcé, d'une saveur herbacée désagréable. Après une clarification convenable, on en obtint du sucre en pain qui attirait l'humidité de l'air, bien que la défécation eût été opérée avec addition d'un peu de chaux.

Principes sucrés non fermentescibles.

Mannite. Le sucre de manne se rencontre dans différentes plantes. On a déjà constaté sa présence dans le suc des oignons, dans celui des asperges, dans l'aubier de plusieurs espèces de pins, dans divers champignons. La manne, exsudation du *fraxinus ornus*, du *pinux larix*, en contient près des quatre cinquièmes de son poids : aussi c'est de cette matière

qu'on extrait ordinairement la mannite. A cet effet, on dissout la manne dans l'alcool bouillant; par le refroidissement, la mannite cristallise; on l'exprime et on lui fait subir de nouvelles cristallisations. Quand on veut retirer la mannite des betteraves ou du suc d'oignon, il faut d'abord détruire par la fermentation vineuse le sucre qui existe dans ces plantes. A ce sujet, M. Pelouze a émis l'opinion que la mannite obtenue est un produit de la fermentation Ainsi, suivant cet habile chimiste, durant la fermentation du jus de betterave, le sucre cristallissable passerait d'abord à l'état de sucre de raisin, et ce dernier se transformerait ensuite en mannite (1).

Le mannite cristallise en aiguilles très-blanches, demi-transparentes; elle est légèrement sucrée, soluble dans l'eau. Suivant MM. Liebig et Oppermann, elle contient :

Carbone...........	39,6
Hydrogène.........	7,7
Oxygène...........	52,7
	100,0 (2)

De la gomme.

La gomme est très-répandue dans le règne végétal; il n'est peut-être pas une seule plante qui n'en contienne. On divise les gommes en deux espèces : la gomme, proprement dite, dont le type est la gomme

(1) Pelouze, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XLVII, p. 419, 2e série.

(2) Liebig, *Traité de Chimie Organique*, t. I, p. 533.

arabique exsudée par l'*acacia vera*, et le mucilage vegétal, tel que le présente la gomme adraganthe.

La gomme, en se dissolvant dans l'eau, donne lieu à un liquide épais et gluant. Elle est insoluble dans l'alcool. Plusieurs plantes en renferment une si forte proportion, que leur infusion ne donne, pour ainsi dire, autre chose. Telles sont l'*althœa*, la *malva officinalis*, etc.

La gomme ne cristallise pas, elle est en morceaux concrétionnés résultant de la solidification des gouttes qui s'écoulent spontanément de l'arbre. Par une ébullition longtemps continuée avec de l'acide sulfurique dilué, elle se transforme en glucose. L'acide nitrique la modifie, et de cette modification résulte plusieurs produits, au nombre desquels se trouve l'acide mucique. L'analyse de M. Gay-Lussac et Thénard donne, pour la composition de la gomme arabique :

Carbone...........	42,3
Hydrogène.........	6,9
Oxygène...........	50,8
	100,0

De la gelée végétale; pectine et acide pectique.

On sait qu'il existe dans le suc de tous les fruits une matière gélatineuse, à laquelle beaucoup d'entre eux doivent la propriété de former des gelées. Cette matière peut être obtenue au moyen de l'alcool. Si on verse, par exemple, de l'alcool dans du jus de groseille nouvellement exprimé, il se forme au bout de quelque temps un précipité gélatineux ; cette gelée,

soumise à une pression graduée, et lavée avec de l'alcool affaibli, donne le principe gélatineux dans un état suffisant de pureté : c'est la pectine découverte par M. Braconnot.

La pectine sèche est en fragments membraneux, demi-transparents, ayant l'apparence de la colle de poisson. Plongée dans environ cent fois son poids d'eau, elle se gonfle considérablement et finit par s'y dissoudre complétement en donnant lieu à une gelée consistante. En augmentant la quantité d'eau, on forme une dissolution mucilagineuse d'un aspect légèrement opalin.

La pectine pure est insipide au goût; elle n'affecte aucunement la couleur du tournesol. Les acides faibles sont sans action sur elle; un léger excès (1) de potasse ou de soude ne lui fait subir aucun changement apparent, et cependant, sous l'influence de ces alcalis, la pectine est singulièrement modifiée, puisqu'elle est changée en un corps particulier, à réaction acide; car en saturant l'alcali introduit, il se coagule aussitôt en une masse transparente, gélatineuse, d'acide pectique. Puisque sous l'influence des alcalis, la pectine éprouve une modification aussi remarquable, il est permis de penser, avec M. Braconnot, que l'acide pectique, que l'on trouve tout formé dans les plantes, a une origine semblable : opinion qui, au reste, tend à corroborer celle émise anciennement par

(1) Si on ajoutait un trop grand excès d'alcali, on obtiendrait aussitôt un précipité formé de souspectate. L'ammoniaque ne change pas la pectine en acide pectique.



Vauquelin, lorsqu'il attribuait le développement des acides dans les végétaux à la présence des alcalis (1).

L'acide pectique en gelée se liquéfie aussitôt par l'addition de quelques gouttes d'ammoniaque. En évaporant cette dissolution sur une assiette de porcelaine, on obtient du pectate acide d'ammoniaque, qui se gonfle dans l'eau distillée, s'y dissout et épaissit une grande quantité de liquide. Comme l'ammoniaque ne réagit pas sur la pectine, M. Braconnot a mis à profit cette propriété négative, pour décider si l'acide pectique existe tout formé dans certaines plantes. Ainsi, en traitant des carottes par de l'eau froide, rendue légèrement ammoniacale, on se procure un liquide dans lequel un acide détermine aussitôt la précipitation de l'acide pectique (2). La pectine et l'acide pectique peuvent donc se rencontrer simultanément dans les végétaux, et M. Jacquelain a prouvé que l'acide s'y trouve souvent à l'état de pectate alcalin ou terreux.

M. Frémy a analysé les deux substances dont nous venons de tracer l'histoire. Ses analyses l'ont conduit à ce résultat fort curieux, que l'acide pectique a exactement la composition de la pectine, dont il dérive (3).

---

(1) Braconnot, *Annales de chimie et de physique*, t. XLVII, p. 274, 2e série.

(2) *Idem.* t. XXX, p. 99, 2e série.

(3) Frémy, sur la Pectine et l'acide pectique.

	Pectine.	Acide pectique.
Carbone	42,9	42,8
Hydrogène	5,1	5,2
Oxygène	52,0	52,0
	100,0	100,0

J'ai cru devoir insister sur ces deux principes, parce qu'ils paraissent jouer un rôle important dans les phénomènes de la vie végétale. L'étude approfondie de la pectine et de l'acide pectique, contribuera très-probablement à jeter du jour sur les métamorphoses que subissent les matières organiques pendant l'acte de la végétation. On a trouvé l'acide pectique dans toutes les plantes où on l'a cherché ; ainsi, M. Braconnot a rencontré cet acide dans les racines de navet, de carotte, de betterave, de phytolacca, de scorsonère, de pivoine, de patience, de phlomide tubéreuse, dans les bulbes, dans les tiges et dans les feuilles des plantes herbacées ; dans les couches ligneuses et l'écorce de tous les arbres examinés, dans les pommes, les poires, les prunes, les abricots, les fruits des curcubitacées. M. Braconnot est même très-disposé à penser que l'acide pectique pourrait bien constituer le cambium ou la matière organisatrice de Grew et de Duhamel (1).

Des acides végétaux.

La plupart des corps que nous venons d'étudier, ne possèdent pas la propriété de cristalliser.

---

(1) Braconnot, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXVIII, p. 173, 2e série.

Presque tous sont amorphes, et leur disposition globulaire, gélatineuse, a fait présumer qu'ils forment en quelque sorte la ligne de démarcation où commencent les êtres doués de la vitalité. On avait pensé aussi que ces matières amorphes, que ces produits de l'organisation végétale, presque organisés eux-mêmes, pouvaient seuls concourir d'une manière efficace à la nourriture des animaux. Cette idée manque d'exactitude; car, s'il est vrai que l'albumine, la caséine, la légumine, l'amidon, la gomme, soient des éléments puissants de nutrition, il l'est également que le sucre peut jouer un rôle important dans l'accomplissement de ce phénomène, en se comportant comme l'amidon, les graisses et les autres principes à composition ternaire, en devenant comme eux un auxiliaire toujours utile, souvent indispensable, des aliments azotés.

Cette tendance à considérer l'état amorphe des principes immédiats les plus importants de l'organisme, comme un caractère spécial et distinctif, ne peut se maintenir en présence des observations récentes dues à M. Mittscherlich. Cet illustre chimiste a reconnu en effet que si les précipités minéraux déposés dans les liquides, sont formés, dans plusieurs circonstances, de cristaux plus ou moins développés, ils apparaissent quelquefois aussi sous la forme de petites sphères accolées, ou de masses agrégées, dont les particules restent séparées par une couche mince de liquide. Examinées au microscope, ces masses se présentent sous forme de flocons, de lambeaux d'apparence granuleuse ou gélatineuse, qui se

maintiennent tendres et flexibles comme des matières végétales ou animales fraîches, tant qu'on les conserve sous l'eau; en se desséchant, elles se réduisent en poudre ou acquièrent l'aspect vitreux (1).

Les corps dont nous allons examiner la constitution chimique, s'obtiennent, en général, à l'état cristallisé; leur individualité semble plus prononcée; ils sont plus stables, mieux caractérisés, et leurs propriétés spécifiques les rapprochent souvent des corps inorganiques. Tels sont, par exemple, les acides créés durant la vie végétale.

Les acides végétaux sont doués des caractères généraux qui appartiennent aux acides minéraux, tout en participant d'ailleurs des propriétés inhérentes aux substances organiques. Ainsi, ils forment des sels solubles dans l'eau avec la potasse, la soude, l'ammoniaque; des sels solubles ou insolubles, avec les autres bases selon la nature de l'acide. Ces acides libres, non combinés, se rencontrent assez souvent dans les fruits, dans les feuilles, plus rarement dans les graines et les racines; mais, unis aux bases, on les trouve dans presque toutes les parties des plantes. Leur nombre, déjà fort élevé, augmente rapidement avec les nouvelles recherches; aussi, à l'exception de quelques-uns d'entre eux employés dans les arts, leur étude est de peu d'intérêt. Je me bornerai, par conséquent, à présenter quelques observations sur ceux de ces acides qui sont les plus répandus.

(1) Berzélius, *Rapport annuel*, 1841, p. 20.

Acide oxalique. Cet acide existe à l'état libre dans les poils du pois chiche, et uni à la potasse, constituant un sel acide, le bi-oxalate de potasse, dans l'oseille, *oxalis acetosella*, le *rumex acetosa*, l'*oxalis corniculata*. C'est de la première de ces plantes qu'on extrait encore le sel d'oseille dans quelques contrées. On exprime le suc de l'*oxalis*, on le fait bouillir et on le clarifie avec des blancs d'œufs, puis on l'évapore en consistance de sirop. Le sel se dépose en cristaux bruns, que l'on purifie. La plante ne rend guère que 0,03 de son poids en sel d'oseille.

Pour retirer l'acide oxalique du sel d'oseille, on dissout ce sel dans environ vingt fois son poids d'eau, la dissolution est précipitée par l'acétate de plomb, on lave l'oxalate de plomb, et après l'avoir mis dans une capsule, on le décompose avec de l'acide sulfurique dilué : il se produit du sulfate de plomb, et l'acide oxalique mis en liberté reste en dissolution; en concentrant la liqueur, on obtient l'acide en longs prismes incolores. C'est un acide très-énergique : son affinité pour la chaux est telle, qu'il enlève cette base alors même qu'elle est unie à l'acide sulfurique. On prépare aussi cet acide pour les besoins des arts, en faisant réagir l'acide nitrique sur l'amidon.

Acide tartrique. Il se rencontre surtout dans le raisin à l'état de bitartrate de potasse, sel qui se dépose sur les parois des tonneaux dans lesquels on conserve le vin. Après l'avoir purifié par voie de cristallisation, on l'émet dans le commerce sous le nom de crème de tartre. C'est de la crème de tartre qu'on

retire l'acide tartrique. Le sel est réduit en poudre, et placé dans une bassine avec de l'eau; quand l'eau bout, on ajoute de la craie dont la chaux s'unit à l'excès d'acide du bitartrate. La dose de craie introduite est suffisante quand il ne se dégage plus d'acide carbonique par une nouvelle addition de ce carbonate : il se précipite du tartrate de chaux, et dans la liqueur il reste dissous du tartrate neutre de potasse. On décompose ce dernier sel en ajoutant un sel soluble de chaux. Le tartrate de chaux est lavé, puis décomposé par l'acide sulfurique étendu d'eau. On obtient du sulfate de chaux et de l'acide tartrique que l'on fait cristalliser.

On a découvert dans le tartre de certains vins, un acide particulier, l'acide racémique isomère avec l'acide tartrique.

Acide citrique. L'acide citrique se trouve dans le suc de plusieurs plantes, dans les citrons, le tamarin, les groseilles. C'est du citron qu'on extrait l'acide employé dans les arts.

Le suc de citron renferme beaucoup de mucilage; on peut s'en débarrasser, en grande partie, en faisant subir à la liqueur acide un commencement de fermentation. Le suc s'éclaircit rapidement, le mucilage se dépose. On décante et on sature l'acide au moyen de la craie réduite en poudre. Pour saturer les dernières portions d'acide, on ajoute quelquefois un peu de chaux vive. Après avoir laissé déposer le citrate de chaux, on décante à l'aide de siphons le liquide surnageant; le citrate est délayé et lavé à l'eau chaude,

jusqu'à ce que l'eau décantée sorte incolore. On laisse égoutter le sel calcaire, puis on le décompose par l'acide sulfurique étendu d'environ six fois son poids d'eau. On sépare la liqueur acide du sulfate de chaux; on la concentre d'abord à feu nu dans une chaudière de plomb ou dans des vases en grès. Lorsqu'elle est réduite au cinquième de son volume primitif, on achève l'évaporation au bain-marie. On met à cristalliser quand il s'est déjà formé une couche solide d'acide citrique à la surface du liquide. Un jus de citron de bonne qualité rend environ trois pour cent d'acide.

Acide tannique. On désigne sous le nom de tannin une substance assez abondamment répandue dans les écorces et qui jouit de la précieuse faculté de rendre imputrescibles les peaux lorsqu'elles en sont imprégnées. L'art du tannage est fondé sur cette propriété du tannin. Quand dans une infusion d'acide tannique on verse une solution de gélatine, il se produit à l'instant un précipité insoluble, formé par l'union de l'acide avec la matière animale. En faisant macérer un morceau de peau dans une solution de tannin, la combinaison s'effectue également, même dans l'intérieur du tissu; le tannin quitte peu à peu la dissolution pour s'unir à la gélatine de la peau.

Le tannin n'existe pas uniquement dans les écorces; on a constaté sa présence dans divers organes des plantes. H. Davy admet dans cent parties des substances suivantes (1).

---

(1) Dumas, *Traité de Chimie*, t. V, p. 858.

	Tannin.
Noix de galle	27,4
Écorce de chêne (entière)	6,3
Écorce de marronnier d'Inde (entière)	4,3
Écorce d'orme (entière)	2,7
Écorce de saule	2,2
Écorce intérieure blanche des vieux chênes	15,0
id. des jeunes chênes	16,0
id. des marronniers d'Inde	15,2
Écorce intérieure colorée des chênes	4,0
Sumac de Sicile	16,2
Sumac de Malaga	10,4
Thé Souchong	10,0
Thé vert	8,5
Cachou de Bombay	54,3
Cachou du Bengale	48,1

On peut retirer le tannin de la noix de galle par le procédé suivant : On place une mèche de coton dans la douille d'une allonge en verre, longue et étroite, reposant sur une carafe. Au-dessus de la mèche on place la noix de galle en poudre fine et légèrement comprimée ; la poudre doit occuper environ la moitié de la capacité de l'allonge, dans laquelle on verse de l'éther ; on bouche imparfaitement l'appareil et on l'abandonne à lui-même. Le lendemain on trouve dans la carafe deux couches bien distinctes : l'une, la supérieure, est très-légère et très-fluide ; l'autre, beaucoup plus dense, occupant la partie inférieure, est légèrement ambrée et de consistance sirupeuse. On enlève la couche supérieure pour en retirer l'éther, et on lave à plusieurs reprises, avec ce liquide, la couche sirupeuse ; l'éther provenant de ces lavages, évaporé à l'étuve, laisse un résidu spongieux très-brillant, très-peu coloré, dont la saveur astrin-

gente est des plus prononcées : c'est le tannin ou l'acide tannique, aussi pur qu'on ait encore pu l'obtenir (1).

Acide gallique. Cet acide se trouve réuni au tannin dans la plupart des écorces ou dans les principes astringents des plantes. L'acide gallique paraît être le résultat d'une sorte de fermentation subie par le tannin, ainsi que semble l'indiquer le procédé que l'on suit pour le préparer. On expose à l'air, pendant environ un mois, des noix de galle réduites en poudre et entretenues dans un état constant d'humidité. La poudre se couvre de moisissure, on l'exprime, et le marc est traité par l'eau bouillante pour en extraire l'acide gallique qui s'est développé durant la fermentation. L'acide gallique purifié cristallise en longues aiguilles soyeuses ; pour se dissoudre, il exige 100 parties d'eau froide. Sa dissolution ne précipite pas la gélatine.

J'ai réuni dans un tableau la composition des principaux acides végétaux. Je présenterai la composition des acides gras en traitant des matières grasses.

---

(1) Pelouze, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LIV, p. 337, 2e série.

TABLEAU.

	ACIDES SECS (1).	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.	Dans 100 d'acide hydraté.	
						ACIDE.	EAU.
FIXES.	Oxalique	33,8	»	66,2	»	57,3	42,7
	Tartrique	36,8	3,0	60,2	»	88,0	12,0
	Racémique	36,8	3,0	60,2	»	78,7	21,3
	Citrique (cristallisé)	36,3	4,4	59,3	»	»	»
	Citrique (sec)	41,9	3,4	54,7	»	»	»
	Malique	41.9	3,4	54,7	»	86,7	13,3
	Méconique	48,8	1,1	50,1	»	76,5	23,5
	Quinique	54,3	5.1	40,6	»	81,4	18,6
	Tannique	51,4	3,5	45,1	»	»	»
VOLATILS.	Gallique	63,1	1,5	35.4	»	71,5	28,5
	Acétique	47,5	5,8	46,7	»	85,1	14,9
	Benzoïque	74.4	4,3	21,3	»	93,0	7,0
	Cyanhydrique(prussique)	44,7	3,6		51,7	»	»

(1) Par acide sec il faut entendre l'acide privé de son eau de constitution, et tel qu'il se trouve engagé dans les sels d'argent ou de plomb.

Des alcalis végétaux.

Quoique les bases alcalines formées pendant la végétation contiennent toujours une certaine proportion d'azote, il a paru convenable de les étudier immédiatement après les acides organiques. Leurs propriétés générales sont celles des alcalis ; leurs dissolutions aqueuses ou alcooliques ramènent au bleu la teinture de tournesol rougie, et elles constituent des sels en s'unissant aux acides. Ces bases ont dans leur manière de se comporter une certaine analogie avec l'ammoniaque. Comme l'ammoniaque, les alcalis organiques se combinent avec les hydrates des oxacides ; et quand ils sont privés d'eau de cristallisation, ils fixent les hydracides sans rien perdre de leur poids.

La découverte des bases végétales est due à Serturner, qui, dès 1804, signala la *morphine* dans l'opium. La plupart de ces alcalis sont insolubles ou peu

solubles dans l'eau ; tous se dissolvent dans l'alcool ; il en est quelques-uns assez volatils pour être distillés. Tout récemment, on en a obtenu à l'état gazeux qui possèdent une forte odeur ammoniacale.

On se procure les alcalis organiques insolubles, en épuisant les parties des plantes qui les contiennent, par de l'eau aiguisée d'acide chlorhydrique ou sulfurique, et l'on précipite les dissolutions acides convenablement concentrées en les sursaturant avec de l'ammoniaque ou de l'hydrate de chaux. L'alcali précipité est ordinairement impur, coloré ; on le purifie en le dissolvant dans l'alcool et faisant cristalliser. Pour obtenir les bases solubles et volatiles, comme la nicotine, on traite la plante par un acide faible, on concentre la dissolution, et après avoir ajouté une solution de potasse on distille ; l'alcali, mêlé d'ammoniaque, passe avec la vapeur aqueuse. Pour séparer l'ammoniaque, on sature la liqueur distillée par de l'acide oxalique, on évapore et l'on reprend par de l'alcool froid, qui ne dissout pas sensiblement l'oxalate d'ammoniaque, tandis qu'il se charge de l'oxalate de la base végétale. On chasse l'alcool, et l'oxalate est décomposé par une solution aqueuse de potasse. Dans le flacon renfermant le résultat de cette décomposition, on introduit de l'éther et l'on agite fortement. Par le repos, le liquide se sépare en deux couches ; la couche supérieure est formée par l'éther tenant en dissolution l'alcali organique.

COMPOSITION DES ALCALIS VÉGÉTAUX.

BASES.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.	AZOTE.	PLANTES qui LES PRODUISENT.	AUTEURS de LA DÉCOUVERTE.	AUTEURS DES ANALYSES.
Quinine.........	74,4	7,3	9,7	8,6	Quinquinas.	Pelletier et Caventou.	Regnault.
Cinchonine......	78,4	7,4	15,1	9,1	id.	id.	id.
Aricine..........	71,0	7,0	14,0	8,0	id.	Pelletier et Coriol.	Pelletier.
Morphine........	72,3	6,7	16,2	4,8	Pavots.	Sertuerner.	Regnault.
Codéine..........	74,3	6,9	13,9	4,9	id.	Robiquet.	id.
Narcotine........	65,6	5,6	25,4	3,4	id.	Desrone.	id.
Thébaïne........	74,4	6,8	11,9	6,9	id.	Thibouméry.	Kane.
Pseudo-morphine.	52,7	5,8	37,4	4,1	id.	Pelletier.	Pelletier.
Chelidonine......	68.9	5,6	13,5	12,0	id.	Godefroy.	Will.
Atropine.........	71,0	7,8	16,4	4,8	Belladona.	Mein.	Liebig.
Jervine..........	76,4	9,4	8,3	5,9	Ellébore.	Simon.	Will.
Solaline.........	62,1	8,9	27,4	1,6	Pomme de terre.	Desfosses.	Blanchet.
Brucine..........	70,4	6,5	16,0	7,1	Strychnos.	Pelletier et Caventou.	Regnault.
Strychnine.......	75,7	6,5	9,4	8,3	id.	id.	id.
Piperine.........	71,9	6,5	16,7	4,9	Poivre.	Œrstedt.	Regnault.
Caféine..........	49,8	5,1	16,3	28,8	Café, thé.	Runge.	Pfaff-Liebig.
Théobromine.....	47,0	4,6	13,0	35,4	Cacao.	Woskresenski.	Woskresenski.
Nicotine.........	73,3	9,7	»	17,0	Tabac.	Reimann et Posselt.	Barral.
Cicutine.........	76,5	12,5	»	11,0	Ciguë.	Gieseke.	Ortigosa.

Des matières grasses.

Sous cette dénomination nous comprendrons toutes les matières huileuses, liquides ou solides ; celles analogues à la cire végétale. Toutes se trouvent réparties dans les différents organes des plantes.

Un caractère commun à presque toutes les matières grasses est d'être insolubles dans l'eau. Elles se dissolvent en quantité sensible dans l'alcool, et surtout dans l'éther. On peut diviser les corps gras en deux classes : ceux qui, en se modifiant facilement par l'action des alcalis, forment des savons; et les matières grasses non saponifiables, ou du moins celles qui ne sont attaquées par les alcalis que dans des circonstances toutes particulières.

Quand on chauffe un mélange d'huile grasse avec une dissolution d'alcali caustique, on remarque bientôt que l'huile s'incorpore avec le liquide alcalin ; la masse prend un aspect laiteux. Après une ébullition soutenue, si l'alcali est en excès, il apparaît des grumeaux, et en enlevant le liquide excédant, on obtient une masse blanche, soluble dans l'eau; l'huile est saponifiée, et le produit de cette saponification est uni à une partie de l'alcali qui a été employé. Si maintenant dans une dissolution chaude de ce savon, on verse de l'acide chlorhydrique, cet acide s'empare de la potasse ou de la soude, et met en liberté la subtance grasse qui était combinée avec l'alcali ; elle se rassemble à la surface du liquide. Il est alors facile de constater que cette graisse n'est plus celle dont on

a fait usage; par exemple, elle se dissout complétement dans l'alcool bouillant, et par le refroidissement il se dépose des cristaux brillants, nacrés, d'un corps gras doué de propriétés acides. En évaporant l'alcool où ces cristaux se sont formés, on en obtient une nouvelle quantité; et quand la dissolution alcoolique est complétement évaporée, on aperçoit un autre corps gras, liquide, huileux, également acide. Par des procédés que la chimie indique, on parvient à séparer, à isoler ces différents acides; en saponifiant certains corps gras, on obtient trois acides particuliers: les acides stéarique, margarique et oléique. Les alcalis transforment donc en principes acides les substances huileuses neutres: cette transformation a été mise en évidence par les admirables recherches de M. Chevreul, recherches qui constituent par leur ensemble et par leur importance, un des travaux les plus remarquables de la science moderne. Avant M. Chevreul, on croyait que le savon résultait de l'union directe des graisses avec les alcalis.

Les acides gras ne sont pas les seuls produits de la saponification; leur poids ne représente pas celui de la substance grasse saponifiée. C'est qu'il faut tenir compte d'une autre matière préexistante dans les huiles, et qui en est éliminée par l'action des alcalis; comme ce principe est soluble dans l'eau, il reste dans les liqueurs alcalines.

C'est le principe doux de Scheele. Pour l'obtenir, on prend parties égales d'huile d'olive et de litharge en poudre très-fine, on met ces matières avec un peu

d'eau dans une bassine, on chauffe modérément, en agitant continuellement et en prenant la précaution d'ajouter de temps en temps de l'eau chaude pour remplacer celle qui s'évapore. Lorsque le mélange a pris une consistance épaisse, on ajoute une nouvelle quantité d'eau, on retire la bassine du feu. Dans cette opération, la litharge se comporte comme un alcali. Les acides gras développés s'unissent à l'oxyde de plomb et forment du margarate et de l'oléate insolubles, et le principe doux, la *glycérine* reste dissoute dans l'eau, unie à de l'oxyde. Pour isoler la glycérine on fait passer dans le liquide aqueux, préalablement filtré, un courant d'hydrogène sulfuré; il se forme du sulfure de plomb qu'on sépare par le filtre. L'eau ne contient plus autre chose que le principe sucré; on l'évapore d'abord au bain-marie, et la glycérine obtenue est placée dans le vide sec, à une température de 20° à 25° cent., pour lui enlever toute l'eau.

Ainsi obtenue, la glycérine est liquide, transparente, incolore, d'une consistance sirupeuse, d'une saveur sucrée très-prononcée. Suivant M. Chevreul, elle contient (1) :

Carbone...........	40,1
Hydrogène.........	8,9
Oxygène...........	51,0
	100,0

En dosant les produits de la saponification, M. Chevreul a constaté que le poids des acides gras et de la

(1) Chevreul, *Recherches chimiques sur les corps gras*, p. 340.

glycérine excède toujours celui du corps gras saponifié. Dans une expérience, 100 parties de graisse ont fourni :

Acides gras........	96,2 (1)
Glycérine..........	9,7
	105,9

Cet excès de poids ne tient pas à l'absorption de l'oxygène, comme on s'en est assuré ; ce gain provient évidemment, d'après les analyses élémentaires toujours si précises de M. Chevreul, de la fixation des éléments de l'eau dans les principes qui ont été isolés. Les acides gras et la glycérine contiennent une proportion d'eau qui n'entrait pas dans leur constitution quand ils étaient unis à l'état de corps gras neutre. On peut d'ailleurs s'assurer de l'existence de l'eau d'hydratation renfermée dans les acides libres, en les combinant avec des bases métalliques.

On doit donc considérer les matières grasses, comme des combinaisons de glycérine jouant le rôle de base, avec des acides particuliers; ces combinaisons, analogues aux sels, si on n'envisage que leur constitution, se trouvent le plus souvent mélangées dans les huiles et les graisses. Quand on parvient à les obtenir à l'état de pureté, elles présentent des propriétés analogues à celles de leurs acides. Ainsi l'union de l'acide stéarique et de la glycérine forme la stéarine, solide à la température ordinaire, fusible à environ 62° c. L'acide stéarique fond à 72°. L'oléine

(1) Chevreul, *Recherches chimiques sur les corps gras*, p. 335.

(oléate de glycérine) reste fluide à — 4°, et l'acide oléique est liquide. Une huile a par conséquent d'autant plus de consistance, qu'il entre dans sa constitution une proportion plus forte d'un acide gràs solide. Elle est au contraire d'autant plus molle, plus liquide, que cet acide est lui-même plus fluide. La cire du myrica cerifera, par exemple, assez dure pour être réduite en poudre, est presque entièrement formée de stéarine. Dans les huiles végétales fluides, l'oléine domine toujours. On peut d'ailleurs, par une simple pression exercée sur un corps gras placé entre du papier non collé, séparer le principe solide du principe liquide ; ce dernier est absorbé par le papier. Le produit solide que l'on obtient par ce procédé peut encore retenir un peu d'oléine; pour l'en débarrasser, on le fond avec de l'huile essentielle de térébenthine, et l'on exprime de nouveau la masse fondue; l'oléine, devenue plus fluide par l'addition de l'huile essentielle, passe entièrement dans le papier.

En opérant de cette manière, M. Braconnot a trouvé que:

100 parties d'huile	d'olives contiennent	28	de matière solide.
Id.	d'amandes,	24	
Id.	de colza,	46	(1)

Les huiles végétales sont toutes plus légères que l'eau. Selon M. de Saussure, à la température de 12°, les densités sont :

(1) Braconnot, *Annales de Chimie*, t. XCIII, p. 235. Les huiles soumises à la compression étaient congelees.

Pour l'huile de noix........		0,928
	d'amandes.....	0,920
	de lin..........	0,939
	de ricin........	0,970
	d'olives........	0,919

Indépendamment des acides solides et liquides qu'on retire des graisses, on en connaît plusieurs qui sont volatils.

Composition des acides gras du règne végétal.

ACIDES NON COMPRIMÉS.	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	POINT de fusion.	ORIGINE.
Stéarique.....	77,0	12,6	10,4	70°	Huiles végétales.
Margarique...	75,9	12,4	11,7	60°	id.
Oléique......	77,1	11,4	11,5	liquide.	id.
Cocostéarique.	73,7	8,5	17,8	35°	Beurre de coco.
Myristique....	74,1	12,1	13,8	49°	Beurre de noix muscades.
Palmitique...	75,4	12,3	12,3	60°	Huile de palme.
Valérianique..	59,3	9,7	31,0	liquide.	Valériane.

Les matières grasses absorbent l'oxygène de l'atmosphère. L'absorption est d'abord très-lente, à peine sensible ; mais une fois qu'elle est déterminée, elle marche avec des progrès rapides, à tel point que si l'huile offre une grande surface à l'air, si elle imbibe par exemple un tissu, l'inflammation peut avoir lieu. Le résultat de cette oxydation est toujours un épaississement des huiles, et il en est plusieurs qui se solidifient complétement, et qu'on désigne pour ce motif par le nom d'huiles siccatives ; elles sont surtout recherchées pour la fabrication des vernis. L'huile de noix, quand elle reste longtemps exposée à l'air, acquiert la consistance de la gelée ; ses propriétés

grasses ont totalement disparu, à ce point qu'elle ne tache plus le papier.

L'altération des graisses en présence de l'air et de l'humidité est encore plus marquée. Les huiles inodores, sans saveur, prennent dans ces circonstances, un goût désagréable et une odeur très-persistante. Les fruits charnus oléifères, les graines oléagineuses mouillées, éprouvent une véritable fermentation, dont le résultat est la désunion des acides et de la glycérine. J'ai eu l'occasion d'observer une semblable production d'acide libre, pendant la putréfaction de semences riches en matières grasses.

Les huiles soumises à l'action de la chaleur subissent de profondes modifications. La glycérine qu'elles renferment se décompose et donne des produits pyrogénés, parmi lesquels s'en rencontre un d'une odeur pénétrante, l'acroléine. Quant aux acides qui surgissent de cette distillation, ils dépendent de la nature même des acides contenus dans les graisses. Ainsi, par la distillation, l'acide stéarique donne de l'acide margarique, l'acide oléique de l'acide sébacique, acide volatil cristallisable et soluble dans l'eau chaude.

Les substances grasses des plantes sont principalement accumulées dans les fruits, et particulièrement dans les semences. Dans les parties herbacées elles sont moins abondantes, moins élaborées. Les huiles paraissent être enfermées dans le tissu végétal, sous forme de gouttelettes. Dans une semence émulsive, comme l'amande ordinaire quand elle se développe,

on reconnaît que le tissu cellulaire est plein d'une liqueur incolore et transparente. A mesure que la semence prend de l'accroissement, on voit chaque cellule se remplir de gouttelettes huileuses qui vont en augmentant en nombre et en volume. En même temps, un dépôt solide de matière azotée se forme au sein du liquide, en trouble la transparence; c'est ce dépôt qui épaissit les parois des cellules (1). Il faut que la force capillaire qui retient les principes gras dans le tissu de certaines semences, soit considérable; car ayant fait bouillir dans l'eau des graines de colza renfermant 50 pour 100 d'huile, je n'ai vu aucune trace de matière huileuse monter à la surface du liquide. La graine de madia n'a pas abandonné plus d'huile dans la même circonstance. Au reste, le beurre paraît être retenu dans le lait par une force semblable, car du lait en pleine ébullition ne rend qu'une quantité insignifiante de matière butyreuse (2).

---

(1) Dumas, *Traité de Chimie*, t. VI, p. 564.

(2) Dans un ordre de phénomènes bien différents de ceux qui nous occupent ici, puisqu'ils se rapportent à une opération métallurgique, je connais un cas qui a peut-être une certaine analogie avec celui que je rappelle en ce moment. Dans les usines d'amalgamation de l'Amérique, une partie de la perte en mercure est due à l'état de division extrême que prend ce métal par suite de son *incorporation* avec le minérai d'argent réduit en pâte. La *lis*, pour me servir du mot technique, est du mercure tellement ténu, qu'il est facilement entraîné dans les lavages. Aux corpuscules globulaires de métal, adhère une pellicule d'eau qui s'oppose avec une énergie singulière à leur réunion, à leur fusion en une seule masse. Il faut broyer longtemps, triturer fortement la *lis* pour réduire une faible partie à l'état de mercure coulant. Le moyen le plus efficace pour liquéfier la *lis*, c'est de la chauffer, de manière à chasser toute

Nous admettons, M. Dumas et moi, que dans les semences l'huile est destinée à développer de la chaleur, en brûlant au moment de la germination. Une série d'expériences commencées dans mon laboratoire par M. Letellier, semble appuyer cette opinion.

Après avoir déterminé par un essai préliminaire fait au moyen de l'éther, la matière huileuse contenue dans des semences, on les a fait germer; puis on a recherché, à deux époques de la germination, la quantité d'huile renfermée dans la graine germée. Dans des expériences faites sur le colza et le madia, on a vu que par la germination une proportion considérable de matière grasse est détruite.

Un gramme de chacune de ces deux graines a été mis à germer. La germination fut arrêtée lorsque les cotylédons commencèrent à verdir; les jeunes plantes avaient alors deux à trois centimètres de longueur.

De semblables quantités des mêmes graines ont été laissées en germination jusqu'à ce que les cotylédons eussent acquis une couleur verte très-prononcée; on fit cesser la végétation quand les radicules eurent atteint un développement de dix à douze centimètres.

---

l'humidité interposée qui forme l'obstacle réel à l'union des particules métalliques. Il n'est pas impossible que dans le lait, la matière butyreuse soit divisée à l'état de *lis*, c'est-à-dire que chaque globule gras soit entouré d'une pellicule d'eau. Toujours est-il qu'il faut pour obtenir du beurre en masse un frottement, un battage longtemps continué, et qu'une méthode infaillible pour réunir promptement la substance grasse, consiste à évaporer le lait à siccité, afin d'expulser l'eau interposée entre les globules butyreux.

RÉSUMÉ DE L'EXPÉRIENCE.

		Colza.	Madia
1 gramme de graines avant la germination, contenait..	huile	0,50	0,41
1 gramme de graines mises à germer, à la 1re période.		0,43	0,39
1 gramme de graines, après avoir germé jusqu'à la 2e pér.		0,28	0,18

Il sera fort intéressant de connaître la limite de la perte éprouvée par les principes huileux pendant la première végétation, et de constater ensuite le retour des mêmes principes, à mesure que la plante avancera vers la maturité.

Les usages nombreux auxquels sont employées les huiles, en font un objet de fabrication de la plus haute importance. Les matières huileuses sont généralement extraites des olives, des graines oléagineuses et des fruits de plusieurs palmiers. On sépare l'huile par la pression qu'on peut souvent opérer sur la graine en nature, on obtient alors un produit de belle qualité, mais peu abondant; ainsi le ricin donne de l'huile par l'action seule de la presse. En Amérique, pour préparer cette huile on fait d'abord subir à la graine de ricin une légère torréfaction, et ensuite on fait bouillir dans un vase contenant de l'eau; la matière huileuse se dégage aisément de la semence torréfiée. C'est un procédé analogue que l'on suit quelquefois pour obtenir le beurre de cacao.

Dans l'extraction de l'huile des graines, on commence par concasser les semences sous des pilons disposés en bocards, ou bien à l'aide de cylindres creux en fonte, tournants en sens contraire, et séparés l'un de l'autre par un espace que l'on peut faire varier à

volonté. Ces cylindres sont alimentés par une trémie constamment chargée. Cette première opération a pour objet de réduire le volume des semences, et de les rendre plus saisissables sous les meules qui doivent les réduire en pâte. Ces meules sont en pierres, disposées verticalement et tout à fait semblables à celles employées à écraser les fruits. La pâte peut, comme je l'ai dit, donner déjà de l'huile par l'action de la presse, mais le plus ordinairement on trouve avantageux de la presser à chaud. A cet effet, on la porte dans des *chauffoirs ;* ce sont de petites chaudières en fonte ou en cuivre, chauffées à feu nu, et dans lesquelles la matière est continuellement mise en mouvement par un agitateur mu mécaniquement. Lorsque la graine broyée est suffisamment chaude, ce qui arrive au bout de quelques minutes, on la met dans de petits sacs en laine que l'on place dans une étoffe de crin doublé en cuir, et qu'on soumet à la presse.

Après une première pression, le marc ou tourteau resté dans les sacs est broyé de nouveau, chauffé et exprimé. L'huile obtenue par seconde pression est toujours moins pure, plus mucilagineuse, que celle retirée par la première opération.

Les tourteaux sortent des sacs entièrement secs, cependant ils retiennent encore une très-forte proportion d'huile, et il n'est pas rare d'en rencontrer qui donnent à l'essai par l'éther, 8 à 15 pour 100 de leur poids en huile. On les emploie à la nourriture du bétail et comme engrais pour les terres.

L'huile nouvellement exprimée est trouble, très-mucilagineuse; elle s'éclaircit par le repos; cependant elle retient toujours certaines substances qui diminuent sa qualité, surtout quand elle est destinée à l'éclairage ; ces substances font qu'elle brûle en répandant de l'odeur et de la fumée. Aussi l'épure-t-on généralement à l'aide d'un procédé imaginé par M. Thénard, et perfectionné par M. Dubrunfaut.

L'huile est mise dans un tonneau qu'on ne remplit qu'à moitié. On y introduit, en agitant constamment, 2 pour 100 de son poids en acide sulfurique concentré. On brasse jusqu'à ce que la masse ait pris un aspect verdâtre. Quand le dépôt des matières altérées par l'acide commence à se former, on ajoute avec précaution de la craie délayée en bouillie épaisse. On cesse d'introduire le carbonate calcaire quand le papier de tournesol indique que l'acide sulfurique est saturé. On laisse déposer, on soutire et l'on filtre l'huile soutirée dans des cuves dont le fond est percé de trous garnis de mèches de coton ou de laine cardée. Cette filtration est longue et embarrassante, on peut la remplacer par une opération mise en pratique depuis quelque temps.

On place l'huile trouble dans une grande futaille, et on la bat avec du tourteau pulvérisé et sec. Pour 6 hectol. d'huile on emploie 50 kilogr. de tourteau. Après vingt minutes de brassage, on laisse déposer. Huit à dix jours après cette opération on peut soutirer environ 4 hectol. d'huile parfaitement claire, qu'on remplace par une égale quantité d'huile trou-

ble provenant du traitement par l'acide sulfurique. Trois jours après, on peut exécuter un soutirage semblable au premier, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on ait clarifié, avec les 50 kilogr. de tourteau, près de 200 hectol. d'huile (1).

Certains fruits à pulpes offrent plus de difficultés que les graines dans le traitement qu'on leur fait subir pour en extraire l'huile. Pour traiter les olives, on les écrase sous des meules; et la pâte, mise dans des espèces de paniers plats en sparterie, est soumise à l'action de la presse. Par la première pression on obtient l'huile vierge ; elle est recherchée pour la préparation des aliments. Après avoir ôté les cabas de la presse, on introduit dans chacun d'eux de l'eau bouillante, et on les replace sous le pressoir ; on retire ainsi une nouvelle quantité d'huile. Enfin les marcs sont traités dans des ateliers spéciaux, ils donnent encore un produit de qualité inférieure et qu'on emploie particulièrement dans la fabrication du savon.

Les fruits du palmier rendent très-facilement l'huile qu'ils renferment. J'ai fait extraire des baies de la palma réal, un beurre de très-bonne qualité, d'un goût très-agréable, en les faisant simplement bouillir dans l'eau.

Le coco donne deux qualités d'huile, selon le mode d'extraction. Pour préparer l'huile la plus appréciée, on râpe la partie charnue du fruit, et on en presse

---

(1) Dumas, *Traité de Chimie*, t. VI, p. 625.

la pulpe, qui donne un liquide laiteux dont on retire l'huile par l'ébullition; on la décante après un repos suffisant. A la température de 27 à 30°, cette huile est fluide et presque incolore; on l'emploie pour les usages de la table. La qualité inférieure s'obtient en laissant putréfier les cocos; quand la putréfaction est déterminée, on place les pulpes oléagineuses dans des chaudières de cuivre exposées au soleil, et on enlève l'huile qui se rassemble à la surface de la masse liquide; pour la priver de l'humidité qu'elle retient toujours, on la chauffe à une température un peu supérieure à celle de l'eau bouillante. Cette huile est brune, d'une odeur assez forte; elle contient des acides gras qui, probablement, ont été mis en liberté par la fermentation putride.

La valeur du produit en graines oléagineuses d'une surface donnée de terrain, le rendement en huile de ces mêmes graines, dépendent, on le comprend, de diverses causes qu'il n'est pas toujours facile d'apprécier avec exactitude, comme le climat, la nature du sol, les soins apportés dans la culture. Les observations faites sur diverses plantes à graines oléagineuses par M. Gaujac, à Dagny (Seine-et-Marne), peuvent cependant donner une idée comparative de ce rendement (1) :

(1) Gaujac, *Annales de l'Agriculture française*, t, XLI, 1re série.

PLANTES CULTIVÉES.	PRODUITS SUR UN HECTARE.			DANS 100 DE GRAINES	
	GRAINES.	HUILE.	TOURTEAU.	HUILE.	TOURTEAU
	kil.	kil.	kil.		
Plantes hivernales.					
Colza...........	2400	955	1300	40	54
Julienne.........	1925	350	1400	18	73
Navette..........	2100	700	1312	33	62
Rutabaga........	1950	650	1216	33	62
Choux frang.....	2100	700	1312	33	62
Choux navet.....	1867	617	1136	33	61
Plantes printanièr.					
Cameline........	2187	595	1575	27	72
Soleil...........	2000	300	1000	15	80
Lin.............	1950	420	1350	22	69
Pavot blanc......	1312	612	687	44	62
Chènevis........	1000	250	700	25	70
Navette d'été.....	1500	450	975	30	65

On doit aussi à M. Matthieu de Dombasle quelques essais entrepris à Roville sur la culture comparée des plantes oléagineuses; voici les résultats obtenus par cet habile agronome (1). Produits par hectare :

PLANTES.	GRAINES en volume.	GRAINES en poids.	HUILE par hectolitre de graine.	HUILE pour 100 kilogr. de graine.	HUILE produite sur un hectare.
	hectolitre.	kil.	litre.		kil
Colza (*Brassica campestris*)...	21	1428	22	30	428
Navette d'hiver..............	16	1088	26	36	392
Colza de printemps (*B. napus*).	14	910	23	33	300
Navette de printemps.........	12	816	21	29	257
Moutarde noire (*Sinapis nigra*).	15	»	18	»	»
Moutarde blanche (*S. alba*)....	13	»	15	»	»
Pavot (*papaver somniferum*)...	14 1/2	957	28	39	373
Lin (*Linum usitatissimum*) ...	12	804	15	21	169
Cameline....................	15 1/2	1038	»	»	»

(1) Mathieu de Dombasle, *Annales de l'Agriculture française*. Il est très-probable que les graines n'ont pas été soumises à une pression assez forte.

Ces résultats sont bien moins avantageux que ceux obtenus par M. Gaujac. Comme je l'ai dit, la richesse du sol, les soins donnés à la terre, ont pu contribuer aux divergences observées, car ici l'influence du climat peut être négligée. Il est toutefois une circonstance qui peut encore expliquer les différences des rendements en huile, c'est celle de l'intensité de la pression exercée sur la graine. Dans les cas les plus ordinaires, l'imperfection des pressoirs laisse dans les tourteaux une proportion d'huile assez forte. J'en citerai deux exemples :

1° De 1256 kilogrammes d'un beau colza récolté en 1842, pesant 66$^{\text{kil.}}$,93 l'hectolitre, nous avons retiré :

Huile..........	513,88 kil.
Tourteau.......	629,50

Pour 100 de colza :

Huile....... ..	40,81
Tourteau.......	50,12
Déchet.........	9,07
	100,00

Or, par l'analyse on a extrait de la même graine 50 pour 100 d'huile.

2° En 1840 et 1841, nous avons entrepris quelques essais sur la culture du madia sativa, en première sole fumée avec 54,000 kil. d'engrais de ferme. La récolte a été favorable ; le madia était intercalé avec des carottes. La culture a duré cent vingt-sept jours. Nous avons obtenu par hectare :

Graines de madia (semences déduites)...... (l'hectolitre pesait 51 kil.)	1,102 kil.
Fanes desséchées, employées comme litière..	3,500
Carottes détachées de leurs fanes..........	14,530

Les graines (21 hect.,6) ont fourni :

Huile.........	289 kil.
Tourteau......	775,8

100 kilog. de graines ont donné :

Huile.........	26,24
Tourteau......	70,42
Déchet........	3,34 (1)
	100,00

Cette même graine de madia dont on a retiré par le pressoir 26,24 d'huile p. 100, en contenait réellement 41 d'après l'analyse. Cette différence explique très-bien pourquoi les tourteaux sont généralement si riches en matière huileuse. Lorsque ces tourteaux sont destinés à la nourriture du bétail, la perte n'est peut-être pas très-regrettable, par la raison que les substances grasses concourent évidemment à la nutrition; mais quand les résidus de la fabrication passent dans le sol comme principes fertilisants, on peut considérer l'huile qu'ils retiennent comme entièrement perdue.

La détermination exacte de la proportion des principes gras contenue dans les graines oléagineuses est un sujet de recherche bien digne d'exercer les agronomes. C'est une opération facile : il suffit, en effet,

(1) Boussingault, *Compte rendu de l'Académie des Sciences*, t. XIV, p. 349.

de traiter les semences par l'éther sulfurique pour dissoudre à froid les matières grasses. Lorsque la nature de la graine le permet, on la pulvérise et on la met en digestion avec de l'éther qu'on renouvelle de temps en temps. Après un premier traitement, la graine est phosphyrisée de nouveau; la phosphyrisation se fait alors sans difficulté, même sur les semences très-grasses qui résistent au pilon quand elles contiennent toute leur huile. On fait digérer et on continue le traitement jusqu'à ce que l'éther ne prenne plus de matière huileuse.

Les dissolutions éthérées sont mises, à mesure qu'on les sépare de la graine, au moyen du filtre, dans une capsule de porcelaine dont le poids est connu. L'éther s'évapore spontanément et l'huile reste; on la chauffe pendant quelque temps au bain-marie pour expulser les dernières traces d'éther. Le résidu huileux est repris par l'eau, pour lui enlever le peu de principes solubles que l'éther aurait pu dissoudre; le résidu est desséché et pesé. On peut employer la même méthode pour doser les matières grasses ou résineuses contenues dans les différentes parties des plantes, dans les fourrages par exemple. Souvent il est à peu près impossible de pulvériser les matières à traiter par l'éther. Si c'est du foin, de la paille, il faut d'abord les couper menus; après le premier traitement on les sèche fortement, on les broie, et la poudre est traitée de nouveau. Pour de semblables matières, dans lesquelles il n'y a que quelques centièmes de principes gras, il est avantageux de commencer le traitement

par l'eau bouillante, afin d'enlever les substances sucrées et gommeuses. L'éther agit ensuite avec plus d'énergie, et la substance qu'on recueille dans la capsule tarée n'a plus besoin du traitement aqueux; on la pèse directement.

Voici le résumé de quelques recherches exécutées en suivant la méthode que je viens de décrire, par M. Ed. Moride, de Nantes. Les graines oléagineuses avaient été recueillies bien mûres et sur des plantes bien déterminées. On avait enlevé avec soin la poussière, les fragments de valves et de siliques; les graines ont été desséchées au bain d'huile. Les proportions de matière grasse, indiquées ci-dessous, se rapportent par conséquent à 100 parties de graines privées d'eau.

NOMS DES PLANTES.	Huile.	Tourteau.	Matières organiques.	Cendres.	Phosphate dans les cendres.	OBSERVATIONS.
Brassica olevacea campestris (D.). *choux colza.*	34,44	66,56	62,20	4,36	2,06	Huile jaune bonne à manger.
Cannalis sativa (L.)............. *chènevis-chanvre.*	37,61	62,39	54,58	7,81	3,20	Huile verte, goût de chènevia; mauv.
Juglans regia (L.).............. *noyer.*	62,00	38,00	36,00	2,00	1,36	H. bl. tr.-bonn.
Papaver somniferum (L.)........ *œillet.*	43,00	57,00	51,20	5,80	4,06	Huile blanche très-bonne.
Sinapis nigra (L.).............. *moutarde noire.*	29,80	70,20	64,84	5,36	3,50	Huile jaune très-sicative.
Nasturtium sylvestre (B. B.)..... *sisymbre.*	28,40	69,60	63,34	6,26	2,92	Huile jaune bonne.
Capsella bursa pastoris (Duby)... *thlaspic bourse à pasteur.*	32,60	67,40	61,67	5,73	2,83	Huile jauna bonne.
Barbarea precox (Br.)........... *arisimum de Smith.*	20,21	79,80	74,20	5,60	2,70	Huile jaune pen agréable.
Lepidium Smithii (Kookar)......	17.42	82,78	77,62	4.96	2,26	Huile jaune id.
Arabis thaliana (L.)............	23,64	76,36	71,40	4.96	2,36	H. jaune ass. bonn.
Draba verna (L)..............	28,50	71,60	65,30	6,20	2,90	Huile jaune id.
Erysimum officina (L.).......... *herbe aux chantres.*	29,00	71,00	65,80	5,20	2,70	Huile jaune peu agréable.

Des renseignements fournis par divers observateurs,

on peut admettre pour le rendement moyen en huile les chiffres suivants :

SEMENCES.	POIDS de l'hectol.	HUILE rendue par 100 parties de semence. en poids.	SEMENCES.	POIDS de l'hectol.	HUILE rendue par 100 parties de semence. en poids
	kilog.			kilog	
Colza	68	30 à 41	Radia oléifère	65	50
Colza de printemps	65	33	Sesame jugoline	59	50
Navette d'hiver	68	30 à 36	Tilleul d'Europe	»	48
Navette de print.	»	29	Arachide	35	45
Julienne	»	18	Chou ordinaire	75	30 à 39
Rutabaga	»	33	Moutarde blanche	70	36 à 38
Chou frangé	»	30 à 39	Moutarde noire	»	15
Chou-navet	»	23	Moutarde sauvage	»	30
Cameline	67	27 à 31	Euphorbe épurge	»	50
Soleil	»	15	Prunier domestiq.	»	33
Lin	67	11 à 22	Gaude	»	29 à 36
Pavot	66	34 à 63	Courge	45	25
Olives	43	9 à 11	Citronnier	»	25
Chènevis	52	14 à 26	Onoporde acanthe	»	25
Noix	»	40 à 70	Graines d'épicea	»	24
Ricin	43	62	Faine	6	15 à 28
Noisette	»	60	Pomme épineuse	»	15
Cresson alénois	75	56 à 58	Pepins de raisins	»	22
Amande douce	»	40 à 54	Marron d'Inde	»	8
Amande amère	»	28 à 46	Madia sativa	31	26 à 28

Des pesées faites par M. Louis Vilmorin fournissent des données intéressantes sur la quantité de graines oléagineuses contenues dans un litre, et sur le nombre de semences répandues par mètre carré de terrain.

TABLEAU.

GRAINES OLÉAGINEUSES.	POIDS du litre mesuré ras	GRAINES contenues dans un litre.	SEMENCE répandue sur un hectare	GRAINES par mètres carr.
	gramm.		Lit.	
Arachide........	300	»	»	»
Caméline........	650	841,750	8	673
Chanvre.	515	19,570	450	881
Colza.	675	168,750	4 1/2	76
Rutabaga........	670	214,400	4 1/2	96
Julienne	700	399,000	8 1/2	339
Lin.............	690	102,120	175	1787
Madia	430	68,800	28	193
Moutarde blanche.	690	113,850	6 1/2	74
Navette	650	234,000	6	140
Pavot blanc......	600	1,572,000	4	629
Œuillette	620	1,091,200	4	436
Radis...........	650	73,450	15	110
Ricin...........	430	946	»	»
Sésame.........	590	277,300	»	»
Soleil...........	375	8,850	16	15

La quantité d'huile rendue par une graine soumise au pressoir, est nécessairement inférieure à celle qui y est contenue; et l'huile retenue dans le tourteau est d'autant plus considérable que l'amidon, le ligneux, les principes albumineux, sont en proportion plus grande. Ainsi, le maïs qui renferme de 7 à 8 pour 100 d'une huile fluide, n'en donne cependant que des traces par la pression, l'huile restant imbibée dans le tissu de la graine.

Les fruits huileux et charnus, comme ceux des olives et des palmiers, donnent un produit assez élevé. Dans les pays méridionaux de l'Europe, particulièrement dans ceux assez bien abrités pour que les oliviers aient résisté à l'hiver rigoureux de 1789, on récolte avec une bonne culture 918 kil. d'huile par hectare.

Les arbres qui, après avoir succombé durant cet hiver mémorable, ont repoussé sur souches, rendent encore aujourd'hui, suivant M. de Gasparin, de 287 kil. à 597 kil. d'huile par hectare, selon l'espace laissé entre eux, espace qui varie de 5 à 7 mètres (1).

A conditions égales de climat, on comprend d'ailleurs que le fumier donné au sol doit influer sur l'abondance des récoltes. Il est des pays où on ne fume l'olivier qu'indirectement, c'est-à-dire qu'on n'engraisse régulièrement le terrain resté libre entre les arbres, que dans le but de favoriser une culture intercalée. Il en est d'autres où l'on introduit tous les trois ou quatre ans une forte dose d'engrais. A Marseille, au rapport de M. Sinetty, une surface plantée avec 40 oliviers, reçoit annuellement 2,500 kil. de fumier (2).

L'olivier est doué d'une longévité remarquable. J'en ai cité un âge de plus de sept siècles ; la durée de son existence semble n'avoir d'autres limites que celle des hivers rigoureux qui le font périr. Dans une plantation, le produit doit donc dépendre en grande partie de l'âge des individus. En recueillant des renseignements nombreux auprès des cultivateurs, M. de Gasparin est parvenu à réunir les éléments d'une table que je crois devoir présenter ici, et dans laquelle se trouve exprimée la quantité d'huile fournie par les arbres parvenus à des âges très-différents. Cette table

(1) Renseignements communiqués par M. de Gasparin en 1841.

(2) De Gasparin, *Mémoires d'Agricult.*, t. II, p. 413.

indique des produits moyens, ceux, en un mot, qu'on obtient dans les circonstances ordinaires de la culture du midi de la France (1).

AGE DES ARBRES.	PRODUIT EN HUILE PAR ARBRE.	AGE DES ARBRES.	PRODUIT EN HUILE. PAR ARBRE.
Ans.	Litres.	Ans.	Litres.
11	0,35	24	0,90
12	0,39	25	0,97
13	0,43	26	1,04
14	0,47	27	1,11
15	0,51	28	1,18
16	0,55	29	1,25
17	0,59	30	1,32
18	0,63	31	1,39
19	0,67	32	1,46
20	0,71	33	1,53
21	0,75	34	1,59
22	0,79	35	1,66
23	0,83		

M. de Gasparin estime qu'à l'âge de onze ans, un olivier resté à peu près improductif, coûte déjà au planteur 11 f. 26 c.; et, qu'en tenant un compte exact des dépenses et des intérêts accumulés, la somme des frais, pour un arbre parvenu à sa trentième année, excède toujours la valeur du produit qu'on peut raisonnablement en espérer. Ainsi, le fondateur d'une olivette, sous le climat du midi de la France, se trouvera toujours dans une situation économique désavantageuse dont il ne pourra sortir que par une culture perfectionnée, mieux entendue que celle qu'on a sui-

(1) De Gasparin, *Mémoires d'Agricult.*, t. II, p. 424.

vie jusqu'à ce jour (1). Cependant, on peut dire en faveur de l'olivier, qu'il réussit dans des terrains impropres à toute autre industrie agricole. Un trou dans un rocher lui suffit, si le climat est favorable, et s'il reçoit une dose convenable d'engrais. Mais la cause qui affaiblit réellement les avantages de la culture de l'olivier en France, c'est la sorte de périodicité des hivers qui le détruisent. Dans un intervalle de cent douze ans, de 1709 à 1821, les olivettes ont éprouvé trois grandes mortalités, leur durée serait ainsi limitée à environ quarante ans. En prenant vingt ans comme âge moyen dans notre climat, et en admettant un espacement de 5 mètres on trouve pour la production d'huile sur un hectare, 284 litres, ou 261 kil. Dans une condition plus favorable, celle où les arbres d'une olivette auraient atteint leur trente-cinquième année, ce produit s'élèverait à 691 kil.

Le cocotier (*lodoicea cocus nucifera*) produit une grande quantité d'huile en exigeant le moins de travail possible; déjà la culture de ce palmier s'accroît rapidement dans la province de Maracaïbo; il vient très-bien dans les régions chaudes peu distantes des bords de la mer, là où la température moyenne se maintient entre 27°-5 et 25°-6. On le retrouve encore sur le bord des grands fleuves, et c'est un usage assez répandu, que celui de mettre du sel dans le trou destiné à recevoir la semence. Lorsqu'il est transplanté loin du rivage, il se plaît surtout dans la proximité

(1) De Gasparin, *Mémoires d'Agricult.*, t. II, p. 429.



des habitations, ce qui fait dire aux Indiens que le cocotier aime à entendre causer sous ses branches. La vérité est que cet arbre recherche un sol imprégné de substances salines, et ces substances ne manquent jamais près des endroits habités par l'homme. A l'âge de quatre ans, ce palmier émet ses premières fleurs, il produit des fruits l'année suivante, et continue à fructifier jusqu'à l'âge de quatre-vingts ans. Les régimes portent communément 12 cocos, et on peut admettre qu'un arbre rend par année 50 noix dont on extrait 4 litres d'huile. Sur un hectare, on rencontre ordinairement 225 plants capables de produire par an 900 kil. d'huile (1). C'est très-probablement à ce chiffre que s'élève le rendement des palmiers à huile de la vallée du Cauca.

Les palmiers doivent donc être comptés parmi les plantes les plus productives en matières huileuses; ce sont aussi celles dont la culture exige le moins de dépenses, et dont la récolte est la moins exposée. Certaines espèces fournissent des huiles comestibles d'un goût très-agréable; toutes sont d'ailleurs fort convenables pour la fabrication du savon. A mesure que l'industrie agricole se développera dans les régions équatoriales, la production des huiles de palmiers prendra un accroissement rapide, qui influera nécessairement d'une manière fâcheuse sur la culture de l'olivier déjà menacée en Europe par l'envahissement du mûrier. L'extension prodigieuse que le commerce de

---

(1) Codazzi, *Resumen de la Geografia de Venezuela*, p. 133.

l'huile de palme a prise sur la côte d'Afrique, durant ces dernières années, tend à justifier cette prévision. Jusqu'en 1817, cette huile extraite en partie de l'*elais guinæensis*, était considérée comme article de droguerie. Ce fut à cette époque qu'un parfumeur de Londres imagina de la faire entrer dans la confection du savon de toilette. Depuis lors, elle est devenue la base d'un commerce d'échange d'autant plus profitable aux nations qui s'y livrent, que les achats se font toujours avec des objets manufacturés, comme des tissus, de la quincaillerie, des armes, de la poudre. On peut prévoir l'avenir de ces relations commerciales, quand on sait qu'en 1817, l'importation de l'huile de palme en Angleterre ne dépassait pas 72,000 kil., et que déjà en 1836 elle atteignait plus de 32 millions de kilog.

En prenant pour unité la surface d'un hectare, je trouve qu'en moyenne

Les plantes oléagineuses printanières donnent	360 kil. d'huile.
Les plantes oléagineuses d'hiver............	600
L'olivier (midi de l'Europe)................	600
L'olivier (France)........................	426
Les palmiers (Amérique)..................	900

Des huiles essentielles.

Les végétaux aromatiques doivent leur odeur à des principes volatils. A cause de plusieurs propriétés communes qui les rapprochent des huiles grasses, comme l'insolubilité dans l'eau, la solubilité dans l'éther et dans l'alcool, l'inflammabilité, on désigne ordinairement ces principes par le nom

d'huiles essentielles, d'essences. On les rencontre dans toutes les parties des végétaux; mais dans telle plante, l'huile réside principalement dans les fleurs, dans telle autre elle abonde dans les feuilles, dans l'écorce, etc. Il arrive quelquefois que les diverses parties d'une même plante contiennent des huiles de différente nature; ainsi on retire de l'oranger trois huiles distinctes, selon que l'on traite les fleurs, les feuilles ou le zeste du fruit. Dans certains cas, le principe volatil est si bien emprisonné dans les cellules végétales, que la dessiccation ne le dissipe pas. Dans d'autres, comme dans la plupart des fleurs, l'huile se forme à la surface, et elle se volatilise immédiatement après sa formation.

Les huiles essentielles sont moins volatiles que l'eau, cependant elles se vaporisent avec la vapeur aqueuse; aussi c'est par la distillation qu'on les extrait ordinairement. Dans ce but, on met la plante avec de l'eau dans la cucurbite d'un alambic, et l'on distille. Les vapeurs formées se condensent dans le réfrigérant et les liquides se rendent dans le récipient; l'essence, en raison de sa moindre densité, occupe la partie supérieure de l'eau. Pour extraire des huiles très-peu volatiles, il convient d'augmenter la température pendant la distillation; à cet effet, on place dans l'alambic de l'eau saturée de sel marin, dont le point d'ébullition s'élève ainsi à 110°. On obtient par ce moyen une plus grande quantité de produits volatils dans un temps donné.

Pour extraire l'essence des fleurs odoriférantes qui

ne retiennent l'huile que faiblement, on forme des couches alternatives de fleurs fraîches et de ouate de coton imbibée d'huile grasse. Dès que l'huile fixe a absorbé l'huile volatile, on renouvelle les fleurs; et quand l'on juge qu'elle est saturée, on distille la ouate avec de l'eau pour en séparer l'essence.

Il est quelques huiles volatiles qu'on peut extraire par la pression; telles sont celles de citron et de bergamote. L'essence mélangée avec le suc de l'écorce s'écoule et surnage sur le liquide exprimé.

Les principes volatils des plantes présentent des propriétés physiques assez variées. Généralement ils sont liquides, plus légers que l'eau; cependant il en existe dont la densité est supérieure; d'autres sont solides, comme le camphre. Sous le rapport de leur composition, on divise les huiles volatiles en trois catégories : 1° les huiles dans lesquelles il n'entre que du carbone et de l'hydrogène; 2° les huiles oxygénées; 3° les huiles essentielles sulfurées. Indépendamment du soufre, l'essence de moutarde contient encore de l'azote.

Les huiles essentielles finissent par s'altérer au contact de l'air; elles fixent de l'oxygène, et plusieurs d'entre elles s'acidifient. Les huiles volatiles obtenues d'une même plante renferment souvent deux principes distincts qu'il est possible de séparer par une distillation ménagée; l'un de ces principes est un carbure d'hydrogène, l'autre une huile oxygénée (1).

(1) Gerhardt et Cahours, *Annales de Chimie et de Physique*, t. I, p. 60, 3e série.

ESSENCES.	DENSITÉ.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.	ANALYSTES.
Téréhenthine.............	0 86	88,4	11.6	»	Dumas.
Citron....................	0,84	88,3	11,5	»	Dumas.
Genièvre.................	0,84	88,4	11,6	»	Blanehet et Sell.
Sabine....................	0,915	88,4	11,6	»	Dumas. Laurent.
Elemi	0 85	88.4	11,6	»	Deville. Stenhouse.
Cèdre (liquide)...........	0,98	88,9	11,1	»	Walter.
Amandes amères...........	1,043	79,5	5,7	14,7	Wœhler et Liebig.
Reine des prés............	»	69.1	3.6	25.3	Dumas.
Cannelle..................	1,06	81.6	6,2	12,2	Dumas et Péligot.
Girofle...................	1,06	70,0	7,9	22,1	Dumas.
Anis......................	0,99	81,4	8,3	10.3	Dumas. Cabours.
Fennoil..................	1,00	77.2	8,3	14,5	Blanchet et Sell.
Cumin (huile oxygénée)....	»	81,1	8,1	10.8	Gerbard et Cahours.
Menthe poivrée purifiée....	0,94	85,7	11,1	3,2	Kane.
Menthe privée de principes solides.................	0,90	77,8	12.0	10,2	Kane.
Lavande...................	0,87	75.8	11,7	12.3	Kane.
Cedre (solide)............	»	81,8	11,3	6,9	Walter.
Romarin..................	0,88	83,6	11,5	4,9	Kane.
Mentha pulegium........	0,93	79,0	10,9	10,1	Kane.
Menthe verte.............	0,88	85,4	11,1	3,4	Kane.
Organum vulgare........	0,87	86,3	11,4	2,3	Kane.
Basilie (partie solide)......	»	63,8	11,5	24,7	Dumas et Péligot.
Estragnn.................	0,94	8,6	8.3	10,1	Laurent.
Rose......................	0,83	75,1	12 1	12 8	Blanehet et Sell.
Muscade (partie solide).....	»	63,3	10.5	26,2	Mulder.
Feve de tonka (solide).....	»	73,8	4,7	21,3	Delalande.
Asarum (liquide)..........	»	73,4	9,8	14,8	Blanchet et Sell.
— (concrète)...	»	69,3	7,8	22,7	Blanchet et Sell.
Persil (concret)............	»	63,3	6,4	28,1	Blanehet et Sell.
Camphre..................	»	79,2	10,4	10,4	Azote.
Moutarde.................	1,04	49,0	5,0	52,3	15,7—Lœwig. (1)

Camphre. Le camphre est uni aux huiles essentielles dans plusieurs plantes de la famille des labiées. Il exsude de certains *laurus* ; c'est du *laurus camphora* qu'on extrait en Orient le camphre répandu dans le commerce. L'extraction se fait exactement comme s'il s'agissait de se procurer une huile essentielle. On place des copeaux de *laurus* avec de l'eau dans des cucurbites en fer, surmontées de chapiteaux en terre, dans l'intérieur desquels sont disposées des cordes fai-

(1) Dans l'huile de moutarde l'oxygène est remplacé par du soufre.

tes en paille de riz; le camphre se condense à la surface de ces cordes à l'état d'une poudre grise. Ce produit brut est expédié en Europe; on le raffine par voie de sublimation.

Des résines.

Les huiles essentielles tiennent souvent en dissolution des résines qui leur donnent une certaine viscosité. Ces matières résineuses, par leur union avec les essences, constituent les *baumes* exsudés par certains arbres. Par la volatilisation de l'huile volatile, la résine apparaît à l'état solide. Il existe d'ailleurs une certaine relation de constitution entre les huiles volatiles et les résines. La plupart des essences absorbent, comme nous l'avons établi, l'oxygène de l'atmosphère, et par cette absorption elles s'épaississent et se résinifient. Ainsi, dans certains cas, la résine peut dériver de l'oxydation d'une huile essentielle; dans d'autres, le principe résineux est simplement mis en liberté, par le fait de la vaporisation de l'huile qui le tenait en dissolution.

Les résines sont solides, souvent friables, quelquefois molles. Elles sont fusibles, très-combustibles et fixes. On croit que les résines sont inodores quand elles sont pures, et que l'odeur particulière à quelques-unes d'elles vient de l'huile essentielle qu'elles conservent encore; elles sont insolubles ou très-peu solubles dans l'eau; la plupart se dissolvent aisément dans l'alcool et l'éther; d'autres, comme le copal, ne s'y dissolvent qu'en très-petite quantité. Certaines

résines présentent une réaction acide ; elles se combinent avec les bases en les neutralisant. Au reste, la plupart des matières résineuses retirées des plantes, sont considérées par les chimistes comme des mélanges dont l'étude est encore fort peu avancée.

Quelques résines sont très-employées dans les arts ; telles sont la colophane, le copal, etc. Plusieurs baumes sont également utilisés comme médicaments ; on peut citer ceux de Tolu, du Pérou, de copahu, etc.

La colophane s'extrait de diverses variétés de pins. Dans les landes de Bordeaux, c'est le *pinus maritimus* qui la produit. On pratique le *résinage* sur des arbres de 30 à 40 ans, dont le tronc peut avoir à cet âge 25 à 30 centimètres de diamètre. Le *résineur* enlève d'abord les rugosités de l'écorce, on laisse adhérer à l'aubier les dernières couches corticales ; cette première opération s'exécute avec une pelle tranchante. Lorsque la surface de l'arbre est unie, on creuse dans le sable, au pied du pin, des auges ; on ouvre, en lui donnant la forme de croissant, une incision à la partie inférieure de l'arbre. Le développement de l'incision est de 12 à 13 centimètres. On incise l'aubier en s'élevant successivement de 1 à 2 centimètres ; la plaie ou *care* faite dans une année embrasse une hauteur de 60 à 70 centimètres ; on l'étend successivement jusqu'à 3 mètres et demi au-dessus du sol ; la durée d'une *care* est de quatre à cinq ans ; et, comme l'on peut pratiquer quatre cares, l'arbre donne des produits résineux pendant quinze à vingt ans. Dans les Landes le *résinage* a lieu du 15 février au 15

novembre, le *galipot* ou *gemme* s'accumule dans les réservoirs. Un hectare portant 180 pins rend en une campagne :

Galipot.................	500 kil.
Barras (résine concrète)...	180
	680
Par arbre.................	3k,8
Valeur du produit..........	113 fr.
Frais.....................	50
Bénéfice par hectare.......	63 fr.

La séve résineuse du pin, ou galipot, contient une résine solide, et de l'huile essentielle de térébenthine bouillant à 156°. Le galipot est filtré chaud sur de la paille de seigle, afin d'en séparer les morceaux d'écorce, les feuilles, la terre dont il est souillé. On soumet ensuite la matière filtrée à la distillation. On obtient, en moyenne, de 100 kilogr. de galipot

Huile essentielle de térébenthine.	10 kil.
Résine ou arcanson............	63
Perte........................	27
	100 kil.

Les filtres de paille imprégnés de galipot donnent, par la distillation, un produit noir empyreume, le brai, ou goudron.

Le copal est produit par un arbre assez commun à Madagascar, l'*hymenæa verrucosa*. Le baume ou la séve qui exsude à la surface de l'écorce se solidifie par le contact de l'air, et la résine se recueille

à l'état où on la rencontre dans le commerce (1).

Voici la composition de quelques résines :

RÉSINES	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	ANALYSTES.
De eopahu..................	79,3	10,1	10,6	H. Rose.
Animé......................	84,6	11,5	3,9	Laurent.
Colophaoe..................	79,3	10,1	10,6	Blanehet et Sell.
Principe cristallisé de la colophaoe (acide sylvique).	79,7	9,8	10,5	Trommsdorff.
Principe non cristallisable de la eolophane (aeide pinique)	79,3	10,3	10,4	H. Rose.
Elémi......................	79,3	10,3	10,4	H. Rose.
Du baume de tolu...........	68,4	6,3	25,3	Deville.

Cires végétales.

Les plantes produisent avec une certaine abondance des matières assez semblables à la cire d'abeille, et se rapprochant des corps gras par quelques-unes de leurs propriétés. Proust a reconnu la cire végétale dans la fécule verte d'un grand nombre de végétaux. Dans le chou elle existe en forte proportion ; elle enduit le plus souvent la surface des feuilles, des fruits, des écorces ; cette matière est loin d'avoir une constitution simple, elle résulte presque toujours de la réunion de plusieurs principes distincts qui n'ont pas encore été convenablement étudiés, mais parmi lesquels il y a évidemment de véritables substances grasses, c'est-à-dire des corps saponifiables et des résines. Je mentionnerai ici les cires végétales les moins imparfaitement connues.

Cire de palmier. Elle est produite par le *ceroxy-*

(1) Perrotet, *Journal de Pharmacie*, p. 406, 2e série.

lon andicola, très-abondant dans la Cordillière centrale de la Nueva-Granada. Dans le Quindiù, je crois avoir rencontré la limite inférieure du *ceroxylon*, sur les bords du torrent de *Tochecito*, à la hauteur de 2,600 mètres au-dessus de la mer. J'ai suivi ce palmier jusqu'à 3,000 mètres d'élévation absolue. Les températures moyennes extrêmes comprises entre ces deux stations peuvent être évaluées à 11° et 18°. Vers la limite supérieure, le *ceroxylon* est exposé durant les nuits sereines à un froid voisin du point de la congélation de l'eau; aussi le rencontre-t-on souvent avec le grand chêne d'Amérique, dont il peut très-bien supporter le climat (1).

Les Indiens se procurent la cire en raclant l'épiderme du palmier. Les raclures sont ensuite mises à bouillir dans l'eau: la cire surnage sans se fondre; elle est seulement amollie et les impuretés qu'elle renferme se déposent. On réunit cette matière sous la forme de boules que l'on sèche au soleil. C'est avec cette substance, à laquelle on ajoute souvent une petite quantité de suif pour la rendre moins fragile, que l'on fait des pains de cire et des bougies. Lorsqu'elle a été fondue, la *cera de palma* est d'un jaune foncé, légèrement translucide, aussi fragile que la résine, et présentant une cassure céroïde bien caractérisée. Elle exige, pour entrer en fusion, une température un peu supérieure à celle de l'eau bouillante. L'alcool et

(1) Boussingault, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LIX, p. 19, 2e série.



l'éther la dissolvent facilement à chaud; en se refroidissant, la dissolution alcoolique se prend en une masse gélatineuse.

La cire du palmier renferme deux principes : l'un, fusible au-dessous de 100°, est doué des caractères physiques de la cire d'abeille; l'autre possède les propriétés de la résine. L'analyse a donné, pour la composition de ces substances :

	Cire.	Résine.
Carbone......	81,6	83,7
Hydrogène....	13,3	11,5
Oxygène......	5,1	4,8
	100,0	100,0

Cire du myrica cerifera. On l'obtient en faisant bouillir dans l'eau les baies de plusieurs espèces de *myrica*, arbre très-commun à la Louisiane et dans les régions tempérées des Andes. Ces baies rendent jusqu'à 25 pour 100 de cire, et un arbuste peut produire annuellement environ 12 à 15 kil. de fruits. La cire brute est verte, cassante, et quand on en fait des bougies, il convient d'y faire entrer une certaine proportion de suif. D'après M. Chevreul, la cire du myrica est saponifiable.

Cire de la canne à sucre (*cérosie*). La canne, particulièrement la variété *violette*, est recouverte par une poussière glauque, de nature cireuse, fusible à 82°. La cérosie est assez dure pour être pulvérisée ; on peut en faire des bougies dont la beauté et la qualité ne le cèdent en rien à celles préparées avec le spermaceti. M. Avequin, qui a fixé l'attention sur cette

matière, trouve, par ses expériences, qu'un hectare de canne violette fournirait environ 100 kilog. de cire (1).

La cérosie est entièrement soluble à chaud dans l'alcool. L'éther ne la dissout point à froid, elle paraît constituer un principe immédiat parfaitement défini, auquel M. Dumas assigne la composition suivante (2) :

Carbone........	81,4
Hydrogène......	14,1
Oxygène........	4,5
	100,0

Chlorophylle.

On donne ce nom à la matière verte des feuilles dans lesquelles elle n'entre d'ailleurs que pour une très-petite quantité. Pour l'extraire, on traite les feuilles, préalablement desséchées, par l'éther qui dissout, indépendamment de la chlorophylle, des matières grasses et de la cire. Le résidu laissé par l'éther après sa volatilisation est soumis, à plusieurs reprises, à l'action de l'alcool bouillant ; après chaque refroidissement, il se dépose de la cire qu'on sépare. La solution alcoolique refroidie est évaporée à l'étuve, et ce qu'elle laisse est mis en digestion, à froid, avec de l'acide chlorhydrique concentré qui prend alors une teinte d'un beau vert. La liqueur acide est filtrée

(1) Avequin, *Journal de Pharmacie*, t. XXVI.

(2) Dumas, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXXV, p. 222, 2e série.

sur de l'amianthe ; on y ajoute quelques morceaux de marbre. La chlorophylle se sépare alors de la liqueur. On la lave d'abord avec de l'acide chlorhydrique dilué, puis ensuite avec de l'eau, et on la sèche. La composition de cette substance colorante n'est point connue, tout porte à croire qu'elle renferme de l'azote.

Des matières colorantes.

Les matières colorantes sont extrêmement nombreuses. Elles offrent les nuances les plus variées ; mais les plus communes dérivent du rouge, du jaune et du vert. Il est rare qu'une matière colorante existe isolément ; presque toujours elle est associée avec un ou plusieurs principes immédiats des végétaux, souvent colorés eux-mêmes. Ainsi les substances rouges sont généralement unies à des substances jaunes, jouissant à peu près des mêmes propriétés, circonstance qui rend très-embarrassant l'isolement d'une de ces matières.

Les substances colorantes sont solides, peu sapides, inodores. Les unes sont solubles dans l'eau ; les autres ne se dissolvent que dans l'alcool ou l'éther. Toutes se combinent avec les alcalis, et quelques-unes d'entre elles s'unissent intimement aux acides ; la plupart éprouvent une altération profonde, une véritable destruction de la part de la lumière solaire, surtout sous l'influence d'un air humide. On sait que c'est par l'action de la lumière et de l'humidité qu'on blanchit la toile écrue, la cire d'abeille, etc. Une tem-

pérature suffisamment élevée agit comme la lumière. Plusieurs couleurs végétales sont altérées, blanchies, quand elles restent exposées à une chaleur de 150° à 200°. L'oxygène de l'air, qui détruit si promptement certaines couleurs, en développe d'autres dans certaines circonstances.

Les alcalis ou les acides, en s'unissant aux couleurs des végétaux, en modifient presque constamment les nuances, et souvent même les changent entièrement. Par exemple, certaines couleurs bleues deviennent rouges par les acides, vertes ou jaunes par les alcalis. En neutralisant l'acide ou l'alcali, la couleur reprend ordinairement sa teinte primitive.

Plusieurs matières incolores à l'état où elles ont été formées dans les plantes, se colorent par l'action réunie de l'oxygène et d'un alcali. C'est le cas pour certains principes immédiats non colorés, tels que l'orcéine qui s'oxyde et passe au bleu, au contact simultané de l'air et de l'ammoniaque.

Le plus grand nombre des matières colorantes sont détruites et blanchies par le chlore. Beaucoup des mêmes matières s'unissent intimement avec l'alumine, l'oxyde d'étain, pour former des laques, composés insolubles, dans lesquels les couleurs se trouvent fixées. Ainsi une liqueur colorée devient souvent incolore quand on l'agite avec de l'hydrate d'alumine. Le charbon réduit à un grand état de division chimique, se comporte comme l'alumine, et l'on sait que c'est un *décolorant* dont on fait un usage très-fréquent. Les matières colorantes ont le plus souvent

une composition ternaire; cependant il en est quelques-unes qui renferment de l'azote; et plusieurs d'entre elles présentent ce phénomène remarquable, qu'en s'oxydant sous l'influence de l'ammoniaque, elles s'assimilent l'azote de cet alcali. J'indiquerai maintenant l'origine et la préparation de quelques-unes de ces matières.

Indigo. Cette substance si importante dans l'art de la teinture a été, dès les temps les plus reculés, une des branches principales du commerce de l'Asie. Pendant longtemps, l'indigo fut considéré en Europe comme une substance minérale originaire de l'Inde; aussi l'a-t-on désigné autrefois sous le nom de pierre *indique* ou *indic,* d'où est venu ensuite et confusément celui d'*indigo.* Ce ne fut qu'après la découverte de l'Amérique, que l'on connut la vraie nature de cette matière tinctoriale, bien qu'avant cette époque on en fabriquât en Arabie, en Égypte, et même dans l'île de Malte (1).

L'indigo de Guatimala est un des plus estimés : il est moins impur que celui de la Caroline; néanmoins il renferme encore plus de la moitié de son poids en matières étrangères. D'après les recherches de M. Chevreul, il contient sur 100 parties :

---

(1) De Beauvais Raseau, *Art de l'Indigotier*, p. 1.

Solubles dans l'eau....	Ammoniaque Matière verte Extractif Gomme	....	12
Solubles dans l'alcool..	Matière verte Résine rouge	....	30
Solubles dans l'acide chlorhydrique......	Carbonate de chaux....		2
	Résine rouge..........		6
	Oxyde de fer Alumine	....	2
Résidu..............	Silice................		3
	Indigo pur............		45
			100 (1)

L'indigo est volatil ; aussi, pour l'obtenir à l'état de pureté, on en met une petite quantité dans un creuset de platine fermé avec son couvercle ; on chauffe ensuite. L'indigo se volatilise et se condense en cristaux sur la partie moyenne des parois du creuset. Il est ordinairement souillé par un peu d'huile empyreumatique, qu'on lui enlève en le traitant par l'alcool bouillant. L'indigo pour se sublimer passe à l'état de vapeur violette ; pendant la volatilisation, il y en a toujours une partie de décomposée. Débarrassé des principes avec lesquels il est mêlé, l'indigo ne cède rien à l'eau ni à l'éther ; l'alcool en prend une très-petite quantité. L'acide sulfurique concentré le dissout en le modifiant.

Tous les corps avides d'oxygène semblent réduire ou désoxyder ce principe colorant, il passe au jaune, et devient soluble dans l'eau en présence des alcalis. En exposant à l'air la liqueur alcaline chargée d'in-

(1) Chevreul, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXVI, p. 20.

digo décoloré, elle absorbe rapidement l'oxygène, l'indigo redevient insoluble et se précipite avec sa couleur bleue primitive. Telle est l'action désoxydante que l'indigo en poudre fine et en présence d'une eau alcaline, éprouve de la part du sulfate de protoxyde de fer, du sulfhydrate d'ammoniaque, du protoxyde d'étain. Il suffit même, pour le décolorer, de le mettre en contact avec du gaz hydrogène à l'état naissant, condition qu'on réalise facilement, en jetant de la limaille de fer ou de zinc dans de l'eau contenant de la matière colorante préalablement dissoute dans de l'acide sulfurique. A peine le dégagement d'hydrogène commence-t-il à se manifester, que la teinte bleu foncé de la dissolution perd de son intensité, et peu à peu elle devient d'un gris très-pâle. Lorsque la décoloration est terminée, que le dégagement d'hydrogène a cessé, l'indigo incolore réagit sur l'air en s'oxydant, et la liqueur reprend bientôt la couleur bleue. Cette propriété de l'indigo de devenir soluble dans les dissolutions alcalines sous l'influence des corps désoxydants, est mise à profit dans les laboratoires et dans les arts pour l'obtenir à l'état de pureté, et pour préparer une liqueur tinctoriale. Si l'on fait un mélange de 15 parties d'indigo du commerce réduit en poudre fine, 10 parties de sulfate de protoxyde de fer, 15 parties de chaux, 60 parties d'eau, et qu'on abandonne toutes ces matières pendant plusieurs jours dans un vase fermé, on obtient un liquide décoloré. Ce liquide, décanté, étant exposé à l'air, laisse déposer de l'indigo bleu, qu'il suffit de laver d'abord avec

de l'acide chlorhydrique étendu, et ensuite avec de l'eau. C'est avec des ingrédients analogues qu'on prépare en teinture la cuve à indigo. C'est dans la liqueur alcaline qu'on trempe le tissu qu'on veut teindre ; ensuite on l'expose à l'air jusqu'à ce qu'il soit devenu bleu ; on le retrempe et on l'expose ainsi successivement, jusqu'à ce que le tissu ait acquis la nuance désirée, après quoi on le soumet au lavage. L'indigo bleu régénéré par l'oxygène de l'air reste fixé sur l'étoffe ; c'est, comme on sait, une des couleurs les plus solides.

M. Dumas assigne à l'indigo la composition suivante :

	Indigo bleu.	Indigo blanc.
Carbone........	73,1	73,0
Hydrogène......	4,0	4,5
Azote..........	10,8	10,6
Oxygène........	12,1	11,9
	100,0	100,0

Les plantes dont jusqu'à présent on a pu retirer de l'indigo avec profit, sont peu nombreuses ; elles appartiennent aux genres *indigofera, isatis* et *nerium.* Le genre *indigofera* est le plus généralement cultivé pour produire cette matière tinctoriale, et l'on sait que l'*indigofera argentea* offre la culture la plus avantageuse. M. Chevreul a constaté que, dans la plante, l'indigo n'est point coloré, et que c'est par conséquent durant l'extraction qu'il passe au bleu. L'*indigofera anil* renferme, indépendamment des principes que l'on rencontre ordinairement dans les végétaux, de l'albumine, de la cire, de la résine, et

la substance rouge qu'on retrouve dans l'indigo du commerce (1). Des expériences dues à Pelletier, faites sur le *polygonum tinctorium*, ont confirmé les anciennes recherches de M. Chevreul, en rendant encore plus évident l'état particulier sous lequel existe l'indigo, en permettant de constater facilement la présence de ce principe colorant dans les feuilles. Pelletier, après avoir desséché une feuille, la met en digestion avec de l'éther dans un flacon fermé. La totalité de la chlorophylle se dissout, la feuille se décolore complétement ; en l'exposant ensuite à l'air, elle devient bleue, si elle contient de l'indigo.

Dans la république de Venezuela, où j'ai eu l'occasion d'observer avec attention la culture des indigofères, on donne la préférence aux terres légères quand elles sont susceptibles d'être irriguées. Au reste, et je ne saurais trop insister sur ce point, l'agriculture des régions chaudes des tropiques n'offre d'avantages assurés qu'autant qu'on peut arroser. L'indigo exige un climat chaud. A une élévation de 1,000 mètres au-dessus du niveau de la mer, là où la température moyenne n'est plus que de 22° à 23°, la culture de cette plante cesse déjà d'être productive. On rencontre cependant des indigofères sylvestres à 1,500 mètres d'altitude absolue ; mais il paraît que les essais tentés pour en extraire la matière colorante ont été infructueux. Dans la vallée d'Aragua, où se trouvent les plus belles plantations, on sème en ligne; les trous destinés à

(1) Chevreul, *Annales de Chimie et de Phys.*, t. LXVIII, p. 284.

recevoir la semence ont environ 5 centimètres de profondeur, et sont espacés de 65 centimètres. Dans chaque trou, on dépose une pincée de graines, que l'on recouvre d'un peu de terre. Les semailles se font dans un sol humide et bien égoutté, ou bien, dans les localités qui ne possèdent pas un système d'irrigation, à l'époque des premières pluies. Les semences lèvent durant la première semaine. On sarcle dans le cours du mois, et le sarclage, toujours utile pour assurer aux plantes une vigoureuse végétation, est encore commandé ici dans l'intérêt de la bonne qualité des produits qu'on attend de la culture. Il est hors de doute qu'une des causes de la qualité inférieure de l'indigo, est la présence des mauvaises herbes; elles entravent la marche de la fermentation, et souillent de substances nuisibles la matière colorante.

La première coupe a lieu vers l'époque où la plante va fleurir. Pour commencer la récolte, le planteur se décide surtout par l'apparence des feuilles. Elles doivent être d'un vert obscur, brillantes et enduites d'un duvet léger et velouté, donnant, sous certaines inflexions, un reflet argenté. C'est une opinion très-répandue, que les feuilles en perdant leur duvet par l'effet d'une pluie abondante, rendent beaucoup moins d'indigo. Il s'écoule ordinairement cinquante à soixante jours entre les semailles et la première coupe ; le temps nécessaire au développement des feuilles dépend nécessairement du climat. Dans les environs de Maracay, où la température moyenne

est de 25°,5, la récolte ne se fait qu'au troisième mois. La seconde coupe a lieu quarante-cinq à cinquante jours après la première, et l'on fait ainsi plusieurs récoltes successives, jusqu'à ce qu'on s'aperçoive que la plante dégénère. Dans les bons fonds, la sole peut durer deux ans; dans les terres pauvres, on retourne généralement à la fin de la première année.

On coupe la plante à 3 ou 4 centimètres du sol. La récolte est aussitôt transportée aux *tanques*. Ce sont de grands réservoirs rectangulaires, faits en maçonnerie et disposés en amphithéâtre. Le réservoir supérieur ou *trempoir* est beaucoup plus grand que les deux autres. Dans la vallée d'Aragua, les *tanques* ont 6 mètres sur 4 mètres et demi, et 0^{m},5 de profondeur.

Le second réservoir ou *batterie* est plus étroit et plus profond que le *trempoir*. C'est dans le troisième réservoir, ou *reposoir*, que doit se rendre le liquide de la batterie pour y déposer l'indigo. Dans plusieurs indigoteries, on supprime ce troisième réservoir, le dépôt se forme dans la batterie même.

Les plantes mises avec de l'eau dans le trempoir, sont maintenues avec des planches chargées de pierres pour les empêcher de surnager. Sous l'influence d'une température de 25° à 26°, la fermentation se manifeste en cinq heures au moins, et en douze heures au plus; la fermentation dure pendant environ dix-huit heures; il se développe une odeur fétide, la liqueur prend une teinte verte, et des bulles de

gaz recouvertes d'une pellicule irisée viennent crever à la surface du liquide. L'art de l'indigotier réside dans la bonne conduite de cette première opération. En prolongeant outre mesure la décomposition des substances végétales, on risque de détruire une partie de la matière colorante ; en l'arrêtant prématurément, on s'expose à laisser de l'indigo dans les feuilles. On juge que la fermentation est suffisante quand, en agitant dans une tasse d'argent une certaine quantité du liquide du trempoir, on voit l'indigo se séparer, se déposer promptement avec l'apparence que l'habitude qualifie de bon produit. C'est alors que l'on fait écouler les eaux fermentées dans les batteries, où elles sont fortement agitées jusqu'à ce que le *grain* se précipite facilement. Alors on agite, en même temps qu'on fait couler les eaux dans le *reposoir*, où le dépôt a lieu au bout d'environ vingt heures ; on décante, et la pâte est placée sur des toiles ; lorsqu'elle est suffisamment égouttée, on la divise en morceaux qui sont mis à dessécher à l'ombre sous des hangars très-aérés. On m'a assuré que dans nos colonies on dessèche d'abord la pâte au soleil ; dans Venezuela, les planteurs croient ce genre de dessiccation nuisible à la qualité de l'indigo. Dans la vallée d'Aragua, on estime que par une culture faite dans un bon terrain et par une fabrication bien dirigée, on peut obtenir, comme produit annuel et moyen d'une surface d'un hectare, 127 kilogrammes d'indigo (1).

(1) Codazzi, *Resumen de la Geografia de Venezuela*, p. 144.

Dans la Caroline, la culture paraît bien moins productive qu'aux régions équinoxiales, les produits sont d'ailleurs moins estimés. On sème en ligne après les pluies de l'équinoxe du printemps, et l'on fait la première récolte au commencement de juillet. La seconde a lieu deux mois après, et quand l'automne est tempéré, on enlève encore une troisième coupe peu importante, à la fin de septembre. On admet qu'un nègre suffit à la culture d'un hectare, et que sur cette surface on obtient 73 kilogrammes d'indigo (1).

Aux Indes orientales, sur la côte de Coromandel, la culture de l'indigo a lieu dans des sols sablonneux non irrigués, et sur lesquels la végétation n'est possible, malgré la température extrême du climat, que durant la saison des pluies. Les terres argileuses susceptibles d'être arrosées, sont presque toutes réservées pour la culture des plantes alimentaires, et en particulier du riz en paille. Aussitôt après les pluies du mois de décembre, on donne deux labours superficiels sur lesquels on sème l'indigo à la volée ; on recouvre la graine en promenant sur le sol des fagots d'épines de bambou, ou bien en faisant piétiner la terre par un troupeau de moutons. La première coupe se fait en mars, c'est la récolte principale ; les coupes suivantes, qu'on peut encore réaliser de deux mois en deux mois, sont des plus casuelles et entièrement subordonnées à la fréquence des pluies. Le rendement se ressent des sécheresses qui manquent

(1) Bu.ke, *Histoire des Colonies européennes*, t. II, p. 282.

rarement de se faire sentir ; la plante est peu fournie, et elle n'atteint jamais 65 centimètres de hauteur. La coupe se fait après la floraison et à environ 1 décimètre au-dessus du sol. On fait sécher la récolte au soleil, et ensuite on bat la plante avec des gaules. Les feuilles détachées par le battage sont de nouveau exposées au soleil pour en assurer la complète dessiccation ; ensuite on les concasse grossièrement, c'est à cet état qu'elles sont livrées au fabricant d'indigo, car, dans l'Inde, le planteur ne prépare pas lui-même la matière tinctoriale.

Sur la côte de Coromandel, l'indigo est toujours extrait des feuilles sèches. Le travail de l'indigotier se réduit à faire infuser pendant deux ou trois heures, les feuilles concassées dans trois fois leur volume d'eau froide, à passer l'infusion à travers un tissu peu serré fait en poil de chèvre, à battre durant deux heures la liqueur filtrée, à y ajouter après le battage environ 48 litres d'eau de chaux pour 100 kilogrammes de feuilles sèches, à agiter pendant quelques minutes et à laisser déposer. Quand le dépôt est formé, on décante, on lave avec un peu d'eau bouillante, et l'on met à égoutter sur une toile le dépôt lavé. On soumet alors l'indigo à l'action d'une presse, puis la pâte est coupée en morceaux cubiques qui sont desséchés à l'air ; chacun de ces cubes, une fois sec, pèse à peu près 90 grammes.

Dans la méthode indienne, tout se passe sans fermentation ; l'indigo obtenu par ce procédé est d'ailleurs peu estimé ; il est lourd, d'un bleu clair, très-

peu cuivré, grumeleux, et présente çà et là des points blancs et des débris de plantes.

M. Plagne évalue à 2,920 kilogrammes de feuilles sèches, le rendement annuel d'un hectare de terre de médiocre qualité dans l'Inde française. Ces mêmes feuilles donnent à la fabrication 0,018 de matière colorante commerciale. Par conséquent, sur la côte de Coromandel, un hectare de terrain produit par an 53 kilogrammes d'indigo.

Malgré le prix assez élevé de l'indigo, un rendement aussi faible couvrirait à peine les frais de culture, si la journée du travailleur indien n'était pas très-faiblement rétribuée : en 1826, M. Plagne la portait à 30 centimes. Les indigofères paraissent d'ailleurs n'occuper que les sols peu convenables à la culture des plantes alimentaires, et à en juger par l'impôt ou la redevance payés par le planteur, la valeur de l'hectare de ces terrains n'atteindrait pas 1,200 fr. Le nombre des journées d'homme dépensées pour la culture d'un hectare d'indigo pendant un an est de 167. Voici, toujours sous l'autorité de M. Plagne, les dépenses occasionnées pour cette culture et le travail de l'indigoterie (1).

(1) J'ai pris pour la surface du petit cani indien ; hectare 0,428.

DÉPENSES DE CULTURE POUR UN HECTARE (1).

	f.	c.
Impôt	58	40
Labours	10	50
Semences (23^{k},36 de graines)	7	»
Sarclage	4	70
Récoltes (trois coupes)	26	30
Dessiccation, battage, etc	8	75
	115	65

DÉPENSES DE FABRICATION.

Main-d'œuvre pour traiter 2,920 kil. de feuilles.	17	50
Intérêt du capital engagé dans l'achat des f^{lles}.	8	55
Intérêt proportionnel du capital engagé dans l'usine, et des frais généraux	26	30
Combustible	1	40
	53	75
Report	115	65
Dépense totale	169	40

Cette dépense représente le prix de revient de 53 kilogrammes d'indigo. Le prix du kilogramme est ainsi de 3 fr. 20 c.

La culture de l'indigo a été essayée à plusieurs reprises dans le midi de l'Europe, en Espagne et en Italie particulièrement. M. Léon Dufour a décrit une tentative de ce genre faite avec un certain succès dans les environs de Valencia (2), et M. Icard de Bataglini a cultivé cette plante dans le département du Vaucluse. Nul doute que l'indigo ne soit cultivable en Europe, où pendant trois ou quatre mois de l'année

(1) Plagne, *Annal. maritimes et col.*, année 1825.
(2) Léon Dufour, *Annales de l'Agriculture française*, t. LXIX.

on éprouve une température peu différente de celle qui règne continuellement dans certaines vallées de Venezuela. Mais très-probablement qu'en France, on n'obtiendrait qu'une seule coupe réellement profitable, sans avoir même la certitude de recueillir des graines. L'indigotier est une plante tropicale, qui perdrait la plupart de ses avantages si elle était jamais introduite dans l'agriculture des climats tempérés.

Avant que l'indigo fût répandu dans le commerce, le midi de la France approvisionnait presque tous les marchés de l'Europe d'une couleur bleue, la plus solide que l'on connût alors, la coque de pastel fournie par l'*isatis tinctoria.*

L'*isatis* est assez robuste pour supporter les froids de l'hiver; dans certaines contrées on le cultive même comme fourrage. Dans le midi on le sème en mars, la graine lève au bout de huit à dix jours. Quand la plante est garnie de 5 à 6 feuilles, on sarcle avec soin. La cueillette a lieu lorsque les feuilles commencent à s'affaisser, et qu'il se manifeste une nuance violette sur leur pourtour.

Pour préparer la coque de pastel, on broie les feuilles sous des meules cannelées, jusqu'à ce qu'elles soient réduites en pâte et qu'on n'aperçoive plus aucune nervure. Cette pâte est mise à fermenter sous des hangars. On a soin de comprimer la masse, de boucher les crevasses en la tassant et en l'humectant avec de l'urine à laquelle on mêle le suc noir qui s'écoule des tas en fermentation. On laisse fermenter pendant environ six semaines, en prenant

la précaution d'entretenir la masse dans un état convenable d'humidité. Lorsque la fermentation est achevée, la matière est broyée pour lui donner plus d'homogénéité, et on la moule pour la faire sécher en *coques*, c'est-à-dire en cylindres, dont la base peut avoir 12 centimètres de diamètre et la hauteur 25 centimètres. Ces *coques* ont une couleur violette à l'intérieur et sont d'une odeur agréable. La teinte bleue du pastel est due à l'indigo. Aussi, à l'époque où le commerce maritime était interrompu en France, on chercha à extraire ce principe de l'*isatis tinctoria*, en suivant les procédés pratiqués dans l'Inde ou en Amérique. C'est pour cela qu'il est curieux de comparer le produit du pastel à celui des autres indigofères.

Selon Chaptal (1), un hectare rend par les diverses cueillettes, 22,060 kil. de feuilles fraîches de pastel, contenant au minimum 0,0018 de leur poids en indigo de première qualité. Un hectare cultivé en *isatis tinctoria* procurera donc, d'après ces évaluations, 40 kil. d'indigo marchand, quantité bien inférieure à celle qu'on obtient dans l'Inde française sur une semblable surface de terrain. Chaptal évalue les frais de culture et de fabrication de ces 40 kil. à 137 fr., sans faire figurer toutefois la rente du sol, que l'on peut fixer à 100 fr. En introduisant cette valeur pour rendre exacte la comparaison avec la culture des Indes, le prix de revient du

(1) Chaptal, *Chimie appliquée à l'Agriculture*, t. II, p. 376.

kilog. d'indigo français serait de 5 fr. 92 c., chiffre presque double de celui qui exprime le coût de l'indigo indien. Mais pour se former une opinion définitive sur l'opportunité de la culture de l'isatis, comme indigofère, il manque réellement un des éléments les plus importants de la question telle qu'elle a été posée par Chaptal, c'est de connaître la quantité d'engrais qui serait indispensable pour assurer une récolte de feuilles aussi abondante.

Le *polygonum tinctorium* a excité, dans ces dernières années, l'intérêt des cultivateurs européens. Le polygonum est originaire de la Chine, où il est cultivé depuis un temps immémorial. Il a été introduit et propagé en France par les soins de M. Delille. Cette plante, dans l'espace de trois mois, développe toutes ses feuilles. Dans le nord de la France, la récolte de la graine pourrait seule être incertaine; mais comme l'observe M. Vilmorin, les cultures du midi où la maturité ne serait jamais douteuse, fourniraient constamment des semences. M. L. Vilmorin a semé le polygonum sur plate-bande, au midi et sous cloche à la fin de mars; planté ensuite vers le commencement de juin, il a completement grené (1) ; cet habile agronome croit que les cueillettes pourront fournir 12 à 13,000 kilog. de feuilles par hectare. D'après quelques essais dus à M. Baudrimont, les feuilles du polygonum contiendraient 0,005 d'indigo. Ces données réunies indiqueraient un rendement proba-

(1) Vilmorin, *Journal d'Agriculture pratique*, t. I, p. 449.

ble de 62 kilog. de matière colorante par hectare.

M. Margueron a entrepris sur le polygonum des recherches faites avec un très-grand soin : elles confirment d'ailleurs les prévisions de M. Vilmorin. La culture a eu lieu dans le département d'Eurè-et-Loir. Un hectare peut porter au moins 60,000 pieds; suivant M. Margueron chaque pied donne 125 à 140 grammes de feuilles vertes : le total d'une cueillette peut par conséquent être estimé à 8,000 kilog. Dans plusieurs expériences, on a retiré par voie d'infusion à froid, et traitement par la chaux, 750 grammes d'indigo de belle qualité, de 100 kil. de feuilles fraîches, c'est-à-dire 0,0075. Une surface d'un hectare produirait alors 60 kil. de matière colorante commerciale. M. Margueron évalue à 1140 francs les frais généraux de culture et de fabrication, appliqués au produit d'un hectare. D'après cette donnée, le prix de revient du kil. d'indigo de polygonum serait de 19 francs. Ce prix paraîtra très-élevé ; mais je dois faire observer qu'avant de se prononcer définitivement sur l'opportunité de la culture des indigofères en Europe, il faudrait connaître avec précision la quantité d'indigo réel contenue dans les divers produits qu'il s'agit de comparer (1).

L'indigo obtenu du polygonum par les moyens connus, n'a pas toujours une belle apparence. Il contient des matières, qui, après avoir été dissoutes dans les eaux de macération, se sont ensuite précipitées.

(1) Margueron, *Rapport sur le Polygonum tinctorium.*

Pour obtenir un indigo pur du polygonum, M. L. Vilmorin a eu l'idée de mettre à profit la méthode de purification suivie dans les laboratoires, méthode consistant, comme nous l'avons vu, à réduire l'indigo par un sel de protoxyde de fer en présence d'un alcali, et à faire précipiter par l'oxygène de l'air l'indigo blanc tenu en dissolution dans la liqueur alcaline. On divise ainsi le traitement des feuilles en deux opérations; on obtient d'abord une pâte d'indigo impur par infusion et addition de chaux; ensuite cette pâte est mise en digestion dans des vases plus profonds que larges, avec 0,20 de sulfate de fer, 0,30 de chaux éteinte, et 0,30 d'eau. On agite le mélange qu'on laisse digérer pendant vingt-quatre heures. Le liquide surnageant est décanté, puis exposé et fortement agité au contact de l'air. L'indigo dissous passe au bleu et se précipite. Il est recueilli sur une toile et lavé, d'abord avec de l'acide chlorhydrique faible, puis avec de l'eau. La cuve où s'est effectuée la réduction de l'indigo brut n'est pas épuisée par une seule opération. On continue le lavage, jusqu'à ce que les eaux ne donnent plus de matière colorante (1). La méthode proposée par M. Vilmorin paraît applicable au traitement de tous les indigofères, et dans mon opinion, elle peut constituer un important perfectionnement.

D'après ce qui vient d'être exposé, le produit des diverses cultures serait :

---

(1) Vilmorin, *Journal d'Agriculture pratique*, t. I, p. 438.

Venezuela. *Indigofera argentea*..	127 kil.	d'indigo	par	hectare.
Caroline (Amérique) *Indigofera?*	73	id.		id.
Coromandel. *Nerium?*........	53	id.		id.
France. *Isatis tinctoria*........	40	id.		id.
Polygonum tinctorium..	62	id.		id.

Orseille. Cette matière colorante, d'un pourpre foncé, se prépare avec certains lichens. Le plus estimé pour ce genre de fabrication est le *roccella tinctoria*, originaire des îles Canaries et du Cap Vert. Le *variolaria dealbata*, le *v. aspergillia*, le *lichen corallinus*, qui croissent sur les rochers de l'Auvergne, des Alpes et des Pyrénées, fournissent un produit de qualité inférieure.

Pour obtenir l'orseille, on fait macérer les lichens, pendant plusieurs jours, dans une quantité d'urine égale à leur poids. On introduit alors dans le mélange, environ 5 parties de chaux éteinte, en poudre, pour 100 parties de plantes, et une légère dose d'acide arsénieux et d'alun. Une fermentation s'établit bientôt dans toute la masse, qui ne tarde pas à se colorer ; toutefois la coloration n'est complète qu'au bout d'environ un mois.

L'orseille communique facilement sa couleur à l'eau et à l'alcool. La solution aqueuse, d'un beau cramoisi, se décolore en quelques jours, quand on la conserve dans un flacon hermétiquement fermé ; elle se colore de nouveau lorsqu'elle est exposée à l'air. La coloration pendant la fabrication de l'orseille, indique évidemment que les lichens contiennent des principes incolores par eux-mêmes, mais qui possèdent la singulière propriété de se colorer sous l'influence de

l'oxygène et de l'ammoniaque; car, dans la préparation de l'orseille, l'addition de l'urine et de la chaux n'a d'autre but que l'introduction et le développement de cette base alcaline. Cette opinion ressort d'ailleurs des faits découverts par Heeren et Robiquet, pendant les travaux importants qu'ils ont exécutés sur les lichens. Ces habiles chimistes ont, en effet, retiré de ces plantes plusieurs principes cristallins incolores. Du *variolaria orcina*, du *lichen orcella*, du *lecanora tartarea*, on a extrait l'orcine, substance crystallisée en prismes quadrangulaires très-réguliers; elle est soluble dans l'eau et dans l'alcool. La dissolution aqueuse d'orcine mélangée avec de l'ammoniaque et exposée à l'air, devient progressivement d'un rouge de sang foncé. Le résultat de cette oxydation sous l'influence de l'ammoniaque, est un principe colorant, l'orcéine, dans la constitution duquel il entre de l'azote, élément qui ne fait pas partie de l'orcine. C'est ce que montrent les analyses de ces deux matières, faites par M. Dumas :

	Orcine sèche.	Orcéine.
Carbone.......	67,8	55,9
Hydrogène.....	6,5	5,2
Oxygène.......	25,7	31,0
Azote.........	» »	7,9
	100,0	100,0

Les lichens fournissent encore plusieurs principes analogues à l'orcine, en ce qu'ils se colorent dans les mêmes circonstances.

Tournesol. Cette matière colorante se rencontre dans

le commerce sous deux états, en pain et en drapeaux.

Le tournesol en pain se fait avec divers lichens qui n'ont pas encore été suffisamment spécifiés : dans tous les cas, le tournesol s'obtient par un procédé peu différent de celui pratiqué pour préparer l'orseille. On pulvérise les lichens desséchés, on mêle intimement la poudre avec des cendres riches en potasse; on introduit dans ce mélange assez d'urine pour en former une pâte molle qui ne tarde pas à entrer en fermentation, et on arrose de temps à autre avec de l'urine pour entretenir une humidité convenable. La pâte prend d'abord une teinte pourpre et finit par passer à un bleu intense. C'est alors qu'on lui incorpore de la craie, pour lui donner la consistance nécessaire pour la mouler en cubes de petites dimensions, puis on la fait sécher à l'ombre.

Selon sir Robert Kane, les principes colorants du tournesol sont naturellement rouges; ils ne deviennent bleus que par leur combinaison avec une base.

Le tournesol en drapeaux, nommé aussi tournesol de Provence, consiste en chiffons colorés par le suc de la maurelle (*chrozophora tinctoria*), de la famille des euphorbiacées, plante dont les propriétés tinctoriales semblent avoir été connues des plus anciens naturalistes.

Voici, d'après M. Jolly, comment l'on procède à la fabrication du tournesol en drapeaux, dans la commune du Grand Gaillargues (1) :

(1) Jolly, *Annales de Chimie et de Phys.*, t. VI, p. 116, 3e série.

La maurelle est broyée sous la meule, placée dans des cabas, puis soumise à la presse. Le suc exprimé est d'un vert foncé, presque bleu, on le recueille dans un réservoir. Le marc, retiré des cabas, émietté et humecté avec de l'urine, est pressé de nouveau.

Dans le suc obtenu par la première pression, dans lequel il n'y a pas d'urine, on trempe des morceaux de toile d'emballage, et quand ils sont bien imbibés, on les étend pour les faire sécher aussi promptement que possible. Une fois secs, on expose les chiffons à l'*aluminadou*. On désigne ainsi une couche de fumier de cheval en pleine fermentation, d'environ 4 décimètres d'épaisseur. On étend les chiffons imprégnés sur ce fumier, et on les recouvre avec un peu de paille fraîche, ou avec un drap grossier, dans le but de retenir les vapeurs ammoniacales émanantes du fumier. On retourne de temps en temps les drapeaux qui, généralement, séjournent une heure à une heure et demie sur l'*aluminadou*. Les chiffons ainsi préparés sont moelleux, humides, et d'un bleu magnifique. Après les avoir fait sécher, on les imbibe avec le suc mêlé d'urine provenant de la deuxième pression, et on les porte à l'étendage. Une fois secs, les drapeaux sont comme empesés, et leur couleur, suivant M. Jolly, semble avoir perdu de son éclat, par suite de cette seconde opération. On a affirmé que le tournesol en drapeaux servait à teindre les gelées, les confitures, les dragées, le papier dont on enveloppe le sucre; il paraîtrait cependant que

l'usage en est limité à colorer la croûte des fromages de Hollande (1).

Garance. — La racine de garance, si fréquemment employée en teinture, renferme plusieurs matières colorantes de nuances assez différentes ; mais le principe rouge le plus important, celui que l'on doit considérer comme l'élément utile de la racine, est l'alizarine, dont la découverte est due à Robiquet.

L'alizarine s'obtient en traitant la garance réduite en poudre par l'acide sulfurique concentré, et laissant le mélange en contact pendant plusieurs jours. La plupart des matières mêlées à la matière colorante rouge sont carbonisées ; on lave la masse pour enlever l'acide sulfurique ; et après avoir séché le résidu, on le traite d'abord par l'alcool froid qui s'empare d'une substance grasse, et ensuite par l'alcool bouillant pour dissoudre l'alizarine. On distille la plus grande partie des liqueurs alcooliques après les avoir étendues d'eau, et la matière colorante qui se dépose est recueillie sur un filtre.

L'alizarine est à peine soluble dans l'eau bouillante ; elle est soluble dans l'alcool, et surtout dans l'éther qu'elle colore en jaune doré. Les liqueurs alcalines la dissolvent en prenant une nuance violette des plus agréables à l'œil. L'alizarine se sublime par l'action de la chaleur, en aiguilles rouges et brillantes.

---

(1) Jolly, *Annales de Chimie et de Physique*, t. VI, p. 120, 3e série.

La garance (*Rubia tinctorum*) est une plante originaire du Midi; mais comme elle supporte les climats septentrionaux, sa culture s'est propagée dans presque toute l'Europe. Cette plante se multiplie par graine; cependant on trouve de l'avantage à la replanter avec les jets enracinés qui poussent au printemps. Cette culture demande un sol meuble, profond, fortement et récemment fumé. Pour recevoir les plants de garance, le terrain doit être préalablement défoncé; l'opération s'exécute à la bêche ou à l'aide d'un labour des plus profonds. Dans l'est de la France la plantation se fait en avril ou en mai. Les rejetons doivent être mis en terre quand ils ont 15 à 16 centimètres de long. Dès que la plante a repris, on nettoie le sol; quinze ou vingt jours après, on sarcle; on donne encore plusieurs sarclages dans le cours de l'été. En Alsace la garance est plantée en lignes. On ouvre à la houe un sillon de 1 décimètre de profondeur, dans le sens de la largeur de la pièce; les rejetons humectés y sont placés et recouverts avec la terre du sillon qui doit suivre. Les lignes sont espacées à 35 centimètres et les plants séparés par un intervalle de 15 à 18 centimètres. On divise le champ en planches isolées. En mars de l'année suivante, on répand sur la sole plantée, de la terre extraite des parties qui ne sont pas cultivées.

Dans les environs de Haguenau, la garance occupe le sol pendant deux années; la récolte a lieu vers la mi-novembre. Dans certaines localités du Midi, cette plante dure cinq ou six ans. On s'accorde générale-

ment à reconnaître que les produits s'accroissent avec le temps; mais dans les pays comme l'Alsace, où la plante peut être atteinte par la gelée, il est prudent d'enlever au bout de deux ans une récolte jugée déjà avantageuse, afin de ne pas la laisser exposée à un hiver rigoureux qui la détruirait complétement. Dans les contrées méridionales, les cultivateurs admettent qu'une récolte de quatrième année excède de quatre à cinq quintaux métriques de racines, une récolte de troisième année. Reste maintenant à savoir si cet excès de produit compense la prolongation de la culture. Il est d'ailleurs une circonstance qui s'oppose souvent à ce qu'on prolonge la sole de garance au delà d'une certaine limite : c'est le développement d'une espèce de *rhizoctone* qui fait périr la racine en l'entourant d'un réseau épais (1).

La récolte de la garance se fait à la houe, en pratiquant d'abord une tranchée atteignant la profondeur à laquelle sont parvenues les racines; c'est de cette tranchée qu'on dégage la plante, en enlevant la terre sur laquelle elle repose, en exécutant une sorte de sape. La racine n'étant plus supportée, il suffit d'en dégager le collet avec un fer pointu (une baïonnette), pour l'enlever tout entière. La garance est desséchée dans des étuves et passée au moulin; c'est à l'état de poudre qu'elle est livrée au commerce.

La trituration s'effectue dans des usines à mo-

(1) De Gasparin, *Mémoires d'Agriculture*, t. II, p. 284.

teurs hydrauliques; elle donne lieu à une perte de 20 pour 100; les frais de mouture sont évalués à 10 fr. par 100 kilogrammes de poudre de garance, dont le prix moyen, en Alsace, est d'environ 100 francs le quintal.

En Alsace, où la garance reste deux années dans le sol, on considère comme rendement moyen par hectare, celui de 3,600 kil. de racines *sèches*, soit le rendement annuel de 1800 kil. Dans le Midi de la France la récolte atteint 50 à 55 quintaux. La durée de la culture étant de trois ans, le produit annuel devient de 1750 kil. (1).

Indépendamment de son produit tinctorial, la garance fournit des feuilles en abondance et qui sont estimées comme fourrage. M. de Gasparin estime la récolte annuelle de ces feuilles à environ 7,000 kil. par hectare.

Gaude. — Cette plante, d'un usage assez fréquent, doit ses propriétés tinctoriales à un principe jaune cristallisé, découvert par M. Chevreul, la *lutéoline*. Cette substance est soluble dans l'éther, l'alcool et les dissolutions alcalines. La gaude est précieuse en teinture, parce que la couleur jaune qu'elle communique aux tissus ne passe pas au brun (2).

La gaude se sème en août, elle hiverne et mûrit au mois d'août suivant. On la récolte quand la plante commence à jaunir; on la livre au commerce après

(1) De Gasparin, *Mémoires d'agriculture*, t. II, p. 243.
(2) Chevreul, *Chimie appliquée à la teinture*, 30e leçon.

l'avoir fait sécher. Un hectare produit environ 2,000 kil. de gaude marchande.

Carthame (*carthamus tinctorius*).—La fleur sert en teinture; on la cultive en Orient et dans le Midi de l'Europe. La culture du *carthamus* demande beaucoup de soins. La semence est mise en terre dans les premiers jours du printemps; on espace les pieds à environ 65 centimètres. La cueillette se fait en août: lorsque les fleurs sont d'un jaune foncé, on les arrache, et on les fait sécher à l'ombre.

On obtient la matière colorante rouge du carthame, en lavant les fleurs desséchées avec de l'eau qui enlève une substance jaune. On les traite alors par une lessive faible de carbonate de soude; en saturant le carbonate alcalin par l'acide citrique, la matière colorante rouge, la carthamine, se précipite; on lave et on la fait sécher sur une assiette.

Le carthame donne à la soie et au coton de très-belles nuances qui, malheureusement, sont peu solides.

Safran.— Cette plante, cultivée en Provence, dans le Gatinais, en Autriche, paraît être originaire d'Asie. Il faut au safran une terre à la fois meuble et fertile pour qu'il produise avec abondance, néanmoins on peut le cultiver dans des sols médiocres. On garnit le terrain, retourné à une profondeur de bêche, avec les oignons provenant d'une ancienne plantation. Dans le Midi, on transplante les bulbes dans le mois de juin. Les premières fleurs apparaissent vers le milieu d'octobre : elles sont très-peu

nombreuses dans la première année ; on les cueille, et on enlève les pistils. Cette cueillette dure une quinzaine de jours. Dans l'année qui suit la plantation, on donne une façon à la surface du sol ; l'on enlève les feuilles desséchées par l'action de la chaleur. La seconde cueillette a lieu à la même époque que la cueillette précédente, mais les fleurs sont beaucoup plus abondantes ; on continue la même culture, jusqu'à l'époque de l'arrachement des oignons, qui, d'après le témoignage de M. de Gasparin, a lieu la seconde année, dans les environs d'Orange. Dans le Gatinais et en Autriche, la plante occupe le sol beaucoup plus longtemps.

L'extraction des pistils est une occupation à laquelle la famille tout entière des cultivateurs emploie ses soirées. Dans une veillée de 5 heures, huit personnes tirent ordinairement 250 grammes de safran. A Carpentras, les pistils sont séchés au soleil ; à Orange, cette dessiccation se fait en plaçant le safran dans un tamis placé au-dessus d'un feu de sarment. Ce dernier procédé paraît préférable.

M. de Gasparin évalue à 50 kil. le safran résultant d'une culture de deux années faites dans la proximité d'Orange : le rendement moyen annuel serait de 25 kil. Suivant ce savant agronome, le prix de revient du kilogramme de safran peut être estimé à 33 francs. Dans le Gatinais, où la durée de la culture est de trois ans, M. Gay porte le rendement à

64 kil., ou à 21 kil. 1/3 par année et par hectare (1).

Le safran a une odeur particulière due à la présence de plusieurs huiles essentielles ; il contient, en outre, de la cire, de l'albumine, de la fibre végétale et un principe jaune soluble dans l'eau et dans l'alcool.

Roucou. — On l'extrait du fruit du *bixa orellana*, arbre très-commun dans les régions chaudes de l'Amérique méridionale. Ce fruit, recouvert d'épines flexibles, renferme 30 ou 40 petites siliques, enduites d'une matière gluante d'un rouge de vermillon.

Dans les terrains bas et humides, le roucouyer croît rapidement et s'élève à la hauteur de 5 à 6 mètres. Dans la Guyane, on le multiplie par semis ou par plants, que l'on espace à une distance de 5 à 7 mètres. A l'âge de deux ou trois ans, une plantation d'un hectare peut déjà produire 350 à 500 kil. de roucou. Ce produit augmente encore jusqu'à ce que l'arbre ait atteint sa septième année; le rendement décroît ensuite, et l'on assure que, parvenu à sa dixième année, le roucouyer paye à peine les frais de culture (2). Pour se procurer la matière rouge, on écrase, dans des espèces d'auges en bois, la graine du roucouyer; après avoir délayé la pulpe, on la laisse tremper pendant plusieurs jours. Il s'établit bientôt une fermentation putride; quand cette fermentation est presque terminée, on agite la masse, on la jette sur des

(1) De Gasparin, *Mémoires d'Agriculture*, t. II, p. 331.

(2) Leblond, *Mémoire de la Société Philomathique*, t. III, p. 138, an XI.



tamis, et l'on reçoit dans un réservoir le liquide qui tient en suspension le principe colorant. On laisse déposer et on décante. Le roucou est recueilli à l'état d'une pâte extrêmement fluide, dont on commence la dessiccation dans une chaudière placée sur un foyer. Lorsque la pâte a acquis une consistance suffisamment épaisse, on la met dans des caisses peu profondes, et on la fait sécher à l'ombre. On n'enlève pas la matière colorante par une seule opération : la pulpe restée sur les tamis est broyée de nouveau et soumise encore à la fermentation ; l'on réitère ces manipulations jusqu'à ce que les eaux de lavage sortent incolores.

On conçoit aisément, d'après ce qui précède, comment le roucou du commerce est souvent aussi chargé d'impuretés. La méthode suivie à Santa-Fé de Bogota, où l'on reçoit les fruits du roucouyer en nature, est préférable. Elle consiste à frotter fortement sous l'eau les graines : comme la matière colorante est seulement superficielle, on l'enlève ainsi en totalité, sans dissoudre le mucilage contenu dans l'intérieur des semences. On laisse déposer, on décante, on lave avec de l'eau fraîche ; et l'on obtient ainsi une matière rouge, d'une très-belle apparence. On la nomme *achiote* dans le pays, et dans l'économie domestique elle remplace le safran avec avantage. Les procédés suivis pour extraire le roucou indiquent assez que cette matière est insoluble dans l'eau ; l'alcool, et surtout l'éther, le dissolvent. Il est soluble dans les liqueurs alcalines, les huiles essentielles et les huiles grasses.

Le roucou possède la singulière propriété de se colorer en bleu indigo, par l'action de l'acide sulfurique concentré; mais cette teinte bleue n'est pas permanente, elle perd peu à peu son éclat, et passe successivement au vert et au violet.

CHAPITRE V.

DE LA CONSTITUTION CHIMIQUE DES VÉGÉTAUX.

Les principes immédiats dont l'histoire vient d'être esquissée, se rencontrent avec plus ou moins d'abondance dans différentes parties des plantes. Il est tel de ces principes qui domine dans les racines, tel autre dans les semences, dans les écorces, les feuilles, etc. Il convient donc d'examiner, sous le rapport de leur composition, celles de ces parties ou organes qui offrent un intérêt suffisant, par la généralité de leurs applications, ou par l'importance qu'elles peuvent avoir dans la culture.

Racines et tubercules.

Pomme de terre (*Solanum tuberosum*).—Cette plante est originaire de l'Amérique méridionale. Deux voyageurs, MM. Caldcleugh et Baldwin, l'ont rencontrée à l'état sauvage, au Chili et près de Montevideo. Il est vraisemblable que, des montagnes du Chili, la culture de la pomme de terre s'est propagée dans la chaîne des Andes, en s'avançant au nord, et s'établissant successivement au Pérou, à Quito et sur le plateau de

la Nueva-Granada. C'est, comme l'observe M. de Humboldt, précisément la marche suivie par les Incas dans leurs conquêtes (1). Ce précieux tubercule paraît n'avoir été introduit au Mexique qu'après l'invasion européenne, et il est bien avéré qu'on ne le connaissait pas encore sous le règne de Montezuma; bien que, dans l'opinion de plusieurs savants, la pomme de terre ait déjà été trouvée en Virginie, par les premiers colons qui y furent envoyés par sir Walter Raleigh. On prétend qu'elle fut ensuite portée en Angleterre par Drake ; mais on sait que longtemps avant ce navigateur, en 1545, un marchand d'esclaves, John Hawkins, avait gratifié l'Irlande de tubercules provenant des côtes de la Nueva-Granada. D'Irlande, la nouvelle plante passa en Belgique en 1590. Dans la Grande-Bretagne, sa culture fut entièrement négligée jusqu'au moment où Raleigh l'introduisit derechef, au commencement du dix-septième siècle. Lorsque la pomme de terre arriva de Virginie en Angleterre pour la seconde fois, elle était déjà connue en Espagne et en Italie.

On a constaté que cette plante est cultivée en grand :

Dans le Lancashire, depuis	1684.
En Saxe	1717.
En Écosse	1728.
En Prusse	1738 (2).

Dès l'année 1710, la pomme de terre commença

(1) Humboldt, *Essai politique sur la Nouvelle-Espagne*, t. II, p. 451.

(2) Humboldt, *Essai politique*, etc., t. II, p. 461.

à se répandre en Allemagne; comme on la cultivait dans les jardins, elle était réservée pour la table du riche; il ne fallut rien moins que la famine de 1771-1772, pour qu'on songeât à l'admettre dans la grande culture (1). On comprit dès lors que la pomme de terre peut suppléer au pain; et une fois installée dans les champs, on ne tarda pas à reconnaître toutes les ressources qu'elle présente comme substance alimentaire. En effet, de toutes les plantes utiles que les migrations des peuples et les navigations lointaines ont fait connaître, dit M. de Humboldt, il n'en est aucune depuis la découverte des céréales, c'est-à-dire depuis un temps immémorial, qui ait exercé une influence aussi prononcée sur le bien-être des hommes. En moins de deux siècles, elle a pénétré dans la Nouvelle-Zélande, au Japon, à Java, dans le Boutan et au Bengale. Aujourd'hui sa culture s'étend depuis l'extrémité de l'Afrique jusqu'en Islande et en Laponie; c'est un spectacle intéressant, ajoute l'illustre voyageur, que de voir une plante descendre des montagnes situées sous l'équateur, s'avancer vers le pôle et résister plus que les graminées à tous les frimas du Nord (2).

La pomme de terre, comme tous les tubercules, est une exubérance développée sur les tiges souterraines. Ses variétés, déjà fort nombreuses, offrent entre elles des différences assez tranchées, dans le volume, la forme, la couleur de la peau et du tissu,

---

(1) Thaer, *Principes raisonnés d'Agriculture*, t. IV, p. 119.

(2) Humboldt, *Essai politique*, etc., t. II, p. 463.

la saveur, le temps qu'elles exigent pour parvenir à la maturité.

Après l'eau, c'est la fécule qui domine dans la pomme de terre ; on y trouve, en outre, une certaine proportion de matières azotées. On doit à Vauquelin une recherche détaillée des matières solubles qui se rencontrent dans ce tubercule ; matières, dont le dosage a été négligé dans la plupart des analyses. Les principes solubles rapportés à 100 de pommes de terre sont :

Asparagine..................	0,1
Albumine....................	0,7
Matière azotée non définie.....	0,4
Citrate de chaux.............	1,2
Citrate de potasse............	indéterminé.
Acide citrique libre...........	id.
Phosphate de potasse.........	id.
Phosphate de chaux..........	id.

Vauquelin, en examinant 48 variétés de pommes de terre, a trouvé qu'elles contiennent sur 100 parties : 1° de 1 à 1 1/2 de parenchyme ; 2° de 2 à 3 de substances solubles ou extractives ; 3° de 20 à 28 de fécule ; 4° de 67 à 78 d'eau (1).

M. Payen a déterminé les limites de la proportion de fécule, dans des tubercules cultivés dans les mêmes conditions (2).

TABLEAU.

(1) Thénard, *Traité de Chimie*, t. V, p. 82.
(2) Payen, *Journal d'Agriculture pratique*, t. II, p. 110.

VARIÉTÉS.	DANS 100 PARTIES		AMIDON dans 100 parties.
	substance sèche.	Eau.	
Rohan	24,8	75,2	16,6
Grosse jaune	31,3	68,7	23,3
Schaw d'Ecosse	30,2	69,8	22,0
Tardive d'Islande	20,6	79,4	12,3
Ségonzac	28,8	71,2	20,5
Sibérie	22,2	77,8	14,0
Duvillers	21,7	78,3	13,6

Dans les circonstances particulières où cette culture comparée a été faite, la variété dite de Rohan a présenté la plus forte proportion de matière nutritive et de fécule :

Les recherches que j'ai faites sur la pomme de terre de notre culture, ont donné pour sa composition :

	VARIÉTÉ :	
	jaune pâle.	rouge.
Ligneux et cellulose	0,4	0,6
Sels	0,8	0,9
Albumine	2,5	3,0
Matière huileuse	0,2	0,3
Amidon et substances non azotées	20,2	25,2
Eau	75,9	70,0
	100,0	100,0

Les pommes de terre exposées à un froid de quelques degrés au-dessous de 0°, éprouvent dans leur tissu une altération assez profonde, pour qu'il devienne difficile, après le dégel, d'en retirer la fécule ; en

outre, elles contractent un goût extrêmement désagréable. Après avoir constaté que la composition reste exactement la même, avant et après la congélation, M. Payen a étudié le tissu amylacé au microscope. Il a vu que l'amidon d'un tubercule gelé offre des grains réunis en paquets arrondis, ayant un diamètre 4 et 5 fois plus grand que celui des grains de fécule de la plus forte dimension. La pulpe restée sur le tamis est une réunion de cellules, remplies de fécule pour la plupart. Ainsi, par l'effet des changements de volume dans les liquides successivement congelés et liquéfiés, l'adhérence entre les cellules est détruite : elles doivent donc se séparer par le moindre effort, sans résister, pour ainsi dire, à l'action de la râpe, sans se laisser déchirer ; le plus grand nombre restent intactes et gardent l'amidon qu'elles contiennent. On comprend aussi comment les pommes de terre rendent à très-peu près toute leur fécule, quand elles sont traitées avant le dégel. C'est qu'alors les cellules scellées par l'eau congelée, présentent une résistance suffisante pour être entamées par les dents de la râpe. Le plus souvent les tubercules qui ont été gelés sont moins farineux, en même temps qu'ils ont une saveur sucrée très-prononcée ; cela tient, sans doute, à ce que la végétation était déjà développée avant l'époque de la congélation : et l'on sait qu'il y a toujours formation de sucre aux dépens de la fécule, durant la germination.

Les pommes de terre dégelées acquièrent rapidement une saveur âcre, une odeur vireuse insuppor-

table, à ce point, que dans la plupart des fermes on les jette au fumier : c'est que par l'effet du gel, les sucs renfermés dans les tissus sont mis en liberté ; et, par le fait de la température plus élevée qui accompagne et suit le dégel, ces liquides sur lesquels l'air peut alors exercer plus directement son action, se comportent comme tous les sucs végétaux abandonnés à eux-mêmes, ils se putréfient. L'odeur putride, l'âcreté développées dans la pomme de terre, sont d'autant plus marquées, que, dans la plupart des variétés, il existe, précisément au-dessous de l'épiderme, une couche plus ou moins profonde, plus ou moins colorée en nuances fauves, rougeâtres, violettes. Ce tissu, vu sous le microscope, se montre complétement dépourvu de fécule ; mais il recèle des principes colorants à odeur vireuse (1).

Ces principes, qui communiquent d'aussi mauvaises qualités aux tubercules dégelés, paraissent solubles ou tout au moins destructibles par une exposition prolongée à l'air libre. Ainsi, lorsqu'on étend sur le sol les pommes de terre altérées par la gelée, qu'on les laisse laver par les pluies et se dessécher spontanément, elles durcissent, blanchissent, et peuvent ensuite être conservées pendant un temps très-long. Il n'est pas un cultivateur qui n'ait retrouvé, à cet état, lors des labours du printemps, des tubercules oubliés sur les champs. Ce moyen a d'ailleurs été mis plusieurs fois en pratique ; et l'on pourrait peut-être le recom-

(1) Payen, *Journal d'Agriculture pratique*, t. I, p. 498.

mander, s'il était établi que les pommes de terre ne perdent pas, dans ces circonstances, une grande partie de leur principe le plus nutritif, l'albumine. Quoi qu'il en soit, c'est par une méthode analogue à celle dont il vient d'être question, que les montagnards des Andes conservent et rendent plus facilement transportables les tubercules dont ils font la base de leur nourriture.

Dans les parties les plus escarpées des Cordillières du Pérou, presque à la limite supérieure de la végétation, là où l'on aperçoit à peine quelques misérables champs d'orge et de *quinoa*, on récolte dans les anfractuosités du terrain divers tubercules, comme la *maca*, l'*oca*, l'*ulluco*. Pour les conserver, on les expose pendant plusieurs jours aux actions alternatives de la gelée et du soleil. A ces hauteurs qui atteignent quelquefois 4,000 mètres, il gèle constamment pendant les nuits sereines, durant lesquelles l'air n'est pas très-agité. Dans le jour, les rayons d'un soleil ardent dessèchent rapidement les tubercules dont les sucs aqueux ont été épandus dans le tissu amylacé par l'effet de la gelée. Après la dessiccation, on peut les garder intacts pendant plus d'une année, en les emmagasinant à l'abri de l'humidité.

Dans les mêmes localités, on apprête un aliment, la *caya*, avec plusieurs variétés d'*ocas* qu'on laisse dans l'eau jusqu'à ce que la putréfaction se manifeste; alors on les étend sur une couverture, pour leur faire subir successivement l'action de la gelée nocturne et de la dessiccation au soleil. L'oca devient d'un gri

foncé; et quand on le cuit, il répand une odeur très-prononcée de cuir pourri. La caya est la nourriture usuelle des Indiens.

Le *chûno blanco* ou *moray* est encore un aliment fort estimé des Indiens de Junin, de Cusco et de Puna ; on l'obtient avec des pommes de terre dont la saveur est des plus amères, en les introduisant dans un sac que l'on plonge dans l'eau pendant la nuit, en ayant soin de le retirer au lever du soleil ; on continue cette opération pendant quinze ou vingt jours, après lesquels les pommes de terre soumises à ces immersions sont foulées aux pieds, afin d'en exprimer le suc. Le marc est exposé ensuite au serein et au soleil ; et au bout de quelques jours, on obtient un *chûno* de la plus grande blancheur.

Enfin les Indiens se procurent la pomme de terre sèche (*papa seca*), en faisant cuire d'abord les tubercules, les pelant et les exposant à la gelée de la nuit et à l'ardeur du soleil, jusqu'à ce qu'ils soient entièrement desséchés. On nomme cette préparation *chochoca;* c'est, comme le *chûno*, un aliment sain et assez agréable.

La pomme de terre vient sur les terrains les plus variés, lorsque le climat lui est favorable et que le sol est suffisamment riche. En général, cette plante occupe, comme les betteraves, la première sole fumée, destinée ensuite à porter des céréales d'automne. On plante les tubercules quand on n'a plus de gelées à redouter ; dans l'est de la France, la plantation est ordinairement terminée vers la mi-mai. On place les

semences à la distance d'environ 30 centimètres, dans un des sillons tracés par la charrue, les lignes ou sillons ensemencés étant séparés par un intervalle de 50 à 70 centimètres, espace suffisant pour faire intervenir les attelages à un cheval dans les buttages. On bine lorsque les tiges sortent de terre. Quand les plants ont une hauteur de 25 à 30 centimètres, on donne un premier buttage. Dans les terres disposées à se dessécher, il faut butter peu profondément; sur les plateaux élevés de l'Amérique, où l'on a souvent à redouter la sécheresse naturelle du climat, j'ai observé de fort belles cultures qui n'étaient pas buttées.

La pomme de terre, comme toutes les plantes sarclées, exige des façons assez considérables ; mais ces façons tout en étant au profit direct de la sole en culture, réagissent encore très-utilement sur les céréales qui doivent suivre. M. Crud estime à 140 les journées de travail dépensées sur un hectare ayant reçu 48,000 kilog. de fumier (1). Ce résultat approche de celui enregistré à Bechelbronn (2).

En Europe, la récolte des tubercules a lieu vers la fin de l'automne. Dans les Cordillières intertropicales, où la durée des cultures dépend principalement de la chaleur d'un climat très-peu variable, la plante reste dans le sol de quatre à sept mois, selon qu'elle est cultivée à une plus ou moins grande élévation

(1) Crud, *Économie théorique et pratique d'Agriculture*, t. II, p. 147.

(2) Boussingault, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XIV, p. 252.

au-dessus du niveau de la mer. Elle réussit le mieux sous l'influence d'une température moyenne comprise entre 13° et 18°. A la vérité, dans Venezuela, on la cultive encore dans quelques localités où la température n'est pas éloignée de 24°; mais je doute que cette culture soit très-avantageuse. Dans les régions chaudes et humides, la pomme de terre donne beaucoup de fanes et peu de tubercules; j'en ai récolté de fort mauvaises à Riosucio de Enguruma, village situé à 1800 mètres de hauteur absolue, où la température moyenne et constante est d'environ 22°.

Les rendements des cultures de pommes de terre, constatés par divers observateurs, sont :

LOCALITÉS.	PRODUIT PAR HECTARE (semences déduites).		AUTORITÉS.
	En hectolitres	En poids.	
		k.	
Prusse	181 (1)	14480	Thaër.
Palatinat (dix années d'observation).	164	13120	Moellinger.
Autriche (treize observations)	293	23440	Burger.
Brabant	362	28960	Schwertz.
Flandre occidentale	295	23600	Schwertz.
Pays de Waes	319	25520	Schwertz.
Pays de Tongres	205	16400	Schwertz.
Angleterre (moyenne)	309	24750	John Sinclair.
Angleterre (moyenne)	289	23120	Schwertz.
Irlande	290	23200	A. Young.
Alsace	267	21360	Schwertz.
Alsace (Bechelbronn)	165 1/2	13240	Le Bel et Boussingault.
Environs de Paris	340	27200	Dailly.
Venezuela (Amérique méridionale)	300	24000	Codazzi (2).

Il existe évidemment un certain rapport entre la

(1) Je prends 80 kil. pour le poids de l'hectolitre pesé immédiatement après la récolte.

(2) C'est le rendement des deux récoltes que l'on fait en une seule année.

quantité de semences confiée à la terre et celle des tubercules récoltés; on sème en Alsace de 15 à 25 hectolitres par hectare. Dans certaines localités on prodigue la semence, dans d'autres on n'en emploie pas assez. Des expériences précises ayant pour objet de fixer, pour certaines conditions de sol et de climat, la limite favorable de la quantité de semence à employer, seraient d'un haut intérêt pour la pratique.

Depuis quelques années la pomme de terre est atteinte d'une maladie qui a fait éprouver des pertes considérables aux cultivateurs. A un certain moment, et presque instantanément, on voit sur un champ présentant l'aspect le plus satisfaisant, les tiges se flétrir et prendre une couleur noire; à la surface des tubercules, on reconnaît des taches livides : ces taches se propagent de l'extérieur à l'intérieur. Les parties affectées par la maladie durcissent par la cuisson; mais on a généralement observé que la pomme de terre malade peut sans inconvénient être consommée par les animaux. L'inconvénient de la maladie, inconvénient qui, s'il persistait, suffirait pour restreindre considérablement la culture de la pomme de terre, c'est d'empêcher la conservation des tubercules. En effet, la pourriture se propage avec une incroyable rapidité dans les caves et dans les silos, pour peu qu'il y ait dans la masse quelques pommes de terre atteintes de taches morbides, ce qu'il est fort difficile d'éviter, quelques soins qu'on apporte au triage de la récolte avant d'emmagasiner. Il est des tubercules à

la surface desquels on n'aperçoit pas l'indice de la maladie, quoique cependant ils portent les germes de l'infection, germes qui se développent plus tard. Aussi assure-t-on mieux la conservation lorsque, après un certain temps, on soumet les pommes de terre des caves et des silos à un nouvel examen ; mais par là on est entraîné dans de nouveaux frais.

On ignore les causes de la maladie des pommes de terre ; on a seulement fait la remarque que certaines variétés en sont moins facilement atteintes que d'autres. En 1847, par exemple, nous avons reconnu, dans notre culture, que les pommes de terre jaunes tardives ont le plus souffert. Les hâtives rouges, à tubercules ronds et gros (*Steinthaler*), ont été moins fortement attaquées que les jaunes tardives. On n'a pas observé de traces de l'infection dans la variété jaune printanière ; mais ces résultats ne se sont pas présentés partout de la même manière. D'ailleurs, on possède une variété très-jaune tardive dite *Hosenmüller* qui a le mieux résisté, dans notre sol, depuis l'invasion de l'épidémie. On s'accorde cependant à reconnaître, qu'en général, les variétés hâtives sont moins exposées à l'affection morbide que les variétés tardives ; aussi a-t-on conseillé de cultiver principalement les pommes de terre printanières, on a même été jusqu'à proposer l'abandon de la culture des variétés tardives.

Il est si avantageux de récolter de bonne heure les plantes sarclées, qu'il devait nécessairement y avoir une raison pour qu'on n'ait pas donné la préférence

aux pommes de terre précoces ; cette raison, c'est la faiblesse du rendement. J'ai cru devoir, dans les circonstances présentes, déterminer exactement le produit d'une de ces variétés afin d'avoir un point de comparaison. Dans ce but j'ai cultivé simultanément, dans le même terrain, avec les mêmes façons, la Hosenmüller, et la printanière dite de la Saint-Jean.

Le sol, bien homogène, avait été fumé en automne avec 500 quintaux de fumier par hectare. On a planté sur des surfaces d'un are chacune, à raison de 13 hectolitres par hectare, soit 10 kilos 1/2 par are :

1° Des pommes de terre de la Saint-Jean ;

2° Des pommes de terre jaunes (*Hosenmüller*).

Les récoltes (semences non déduites) ont été :

Hâtives	100 kil.	par hectare	10,000 kil.
Tardives	173	—	17,300

Nos cultivateurs pensent que, toutes circonstances égales d'ailleurs, les variétés très-précoces ne donnent que la moitié du rendement des bonnes variétés tardives. Le résultat obtenu est un peu moins défavorable ; on voit, en effet, en déduisant les 13 hectolitres (1040 kil.) de semence, que l'hectare a rendu :

Hâtives	8,960 kil.
Tardives	16,260

Il faut avouer que la différence constatée n'est pas de nature à encourager la culture de la pomme de terre précoce, et que ce serait un singulier moyen d'échapper aux conséquences fâcheuses de la maladie des pommes de terre que d'adopter une substi-

tution occasionnant à coup sûr une perte de près de moitié dans le poids de la récolte. Si l'on est loin d'être fixé sur la nature de la maladie des pommes de terre, il y a quelque chose de plus fâcheux encore : c'est que pas un des mille procédés indiqués pour la prévenir ou pour la combattre ne peut réellement être considéré comme efficace.

On a conseillé d'introduire dans le sol, de la chaux, des cendres ; et comme on assurait en avoir obtenu d'excellents effets, nous avons cru devoir vérifier les résultats annoncés. La surveillance de ces expériences a été confiée à M. E. Oppermann.

Expérience sur l'emploi de la chaux et des cendres.

On a choisi quatre pièces de terre situées les unes à côté des autres sur le versant d'une légère pente et dans des conditions identiques d'exposition, de cultures et de fertilité. La plantation a été faite à la charrue, à raison d'environ 13 hectolitres par hectare, au commencement de mai, et la récolte à la fin de septembre. L'espèce de pommes de terre plantée était la rouge mi-hâtive.

	RENDEMENT de la pièce.	RENDEMENT par hectare.	TOTAL DU Rendement par hectare.
Pièce de terre N° 1 de 11 ares 63 n'a reçu ni chaux ni cendres..............	1,130 kil p. de t. saines. 310 kil. p. de t. malades.	9,871 kil. p. de t. saines. 2,660 k l. p. de t. malades.	12,531 kil.
N° 2 de 12 ares 90 a reçu 940 lit. de chaux jetés dans les sillons.......	1,624 kil. p. de t. saines. 320 kil. p. de t. malades.	12,588 kil. p. de t. saines. 1,702 kil p. de t. malades.	14,290 kil.
N° 3 de 16 ares 80 sans adjonction de chaux ni de cendres...	1,795 kil. p. de t. saines. 220 kil. p. de t. malades.	10,659 kil. p. de t. saines. 1,306 kil. p. de t. malades.	11,965 kil.
N° 4 de 21 ares 31 a reçu 12 hectolitres de cendres de bois jetés dans les sillons....	2,274 kil. p. de t. saines. 361 kil. p. de t. malades.	11,501 kil. p. de t. saines. 1,678 kil. p. de t. malades.	13,179 kil.

Outre ces quatre pièces, une cinquième située dans les mêmes conditions a été divisée en quatre parties, et les pommes de terre ont été plantées à la bêche. La chaux ou les cendres ont été réparties dans chaque trou.

	RENDEMENT par hectare.
Partie N° 1 de 2 ares 17 sans chaux ni cendres	
a donné 221 kil. p. de t. saines.....	10,184 kil.
30 » » malades...	1,382 »
	11,566 kil.
Partie N° 2 de 2 ares 27 a reçu 140 lit. de chaux	
353 kil. p. de t. saines........	15,550 kil.
20 » » malades......	881 »
	16,431 kil.

Partie N° 3 de 2 ares 06 sans chaux ni cendres	
231 kil. p. de t. saines......	11,213 kil.
20 » » malades....	971 »
	12,184 kil.
Partie N° 4 de 2 ares 20 a reçu 100 lit. de cendres 271 kil. p. de t. saines......	12,318 kil.
20 » » malades....	909 »
	13,227 kil.

En examinant les chiffres ci-dessus, on ne peut certes pas en conclure que la chaux ou les cendres aient contribué à diminuer la quantité des pommes de terre malades, et à plus forte raison on ne saurait admettre que ces substances aient la propriété de les préserver complétement du mal. Mais si la chaux n'a pas produit, sous ce rapport, l'effet désiré, elle semble avoir exercé une influence favorable sur le produit de la récolte.

Topinambours (*Helianthus tuberosus*). — On croit généralement que cette plante est originaire de l'Amérique méridionale. Cependant M. de Humboldt ne l'a jamais rencontrée dans les régions tropicales; et selon M. Corréa, elle n'existerait pas davantage au Brésil. La propriété que possèdent les tubercules de l'hélianthus de résister aux froids de nos hivers, plusieurs considérations de géographie botanique, font présumer à M. Ad. Brongniart, que cette plante appartient aux parties les plus septentrionales du Mexique.

Le topinambour atteint quelquefois près de trois mètres de hauteur; sa floraison est tardive, et je n'ai pas encore vu mûrir sa graine. On le propage par les

tubercules qu'il produit, et qui sont considérés avec raison comme une nourriture précieuse pour le bétail. A une époque où la pomme de terre n'était pas très-répandue, le topinambour entrait assez fréquemment dans l'alimentation de l'homme : quand il est cuit, sa saveur rappelle celle de la chair d'artichaut.

Les tubercules de topinambour contiennent sur 100 parties, d'après une analyse de M. Braconnot (1) :

Sucre incristallisable	14,80
Inuline	3,00
Gomme	1,22
Albumine	0,99
Substances grasses	0,09
Citrates de potasse et de chaux	1,15
Phosphates de potasse et de chaux	0,20
Sulfate de potasse	0,12
Chlorure de potassium	0,08
Malates et tartrates de potasse et de chaux	0,05
Ligneux	1,22
Silice	0,03
Eau	77,05
	100,00

Des recherches récentes entreprises par MM. Payen, Poinsot et Ferry, donnent une composition peu différente :

(1) Braconnot, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXV, p. 358, 2e série.

Glucose et sucre	14,7
Albumine et autres substances azotées	3,1
Inuline	1,9
Acide pectique	0,9
Pectine	0,4
Matières grasses	0,2
Cellulose	1,5
Substances minérales	1,3
Eau	76,0
	100,0

J'ai trouvé dans les topinambours de nos cultures:

Matière sèche	20,8
Eau	79,2
	100,0

Il est peu de plantes aussi robustes et aussi peu exigeantes pour le terrain : jusqu'à présent la maladie qui affecte la pomme de terre ne l'a pas atteint. Il réussit dans tous les sols, à la seule condition qu'ils ne soient pas marécageux. On plante ses tubercules exactement comme la pomme de terre, et à peu près à la même époque ; mais c'est une opération que l'on exécute assez rarement, par la raison que le plus généralement la culture de l'hélianthus est continue, qu'on la fait perpétuellement sur les mêmes pièces, et que lors de la récolte il reste, quoi qu'on fasse, toujours assez de tubercules reproducteurs dans le sol, pour qu'au printemps suivant le champ se trouve complétement couvert de jeunes plants. Cette impossibilité d'enlever la totalité des tubercules du sol, la faculté qu'ils possèdent de résister aux froids les plus intenses de l'hiver, et de se re-

produire lors du retour de la belle saison, est un obstacle à l'introduction de cette plante dans les rotations. Il faut, comme l'expérience le confirme de plus en plus, consacrer à cette culture d'ailleurs si productive, un terrain en dehors de l'assolement régulier.

Des végétaux de la grande culture, le topinambour est un de ceux qui produisent le plus en consommant le moins d'engrais et en exigeant le moins de façon. Kade rapporte qu'un carré de topinambours placé dans un jardin était encore en plein rapport 33 ans plus tard, émettant des tiges de 2 à 3 mètres de hauteur, bien que depuis longtemps la plante ne reçût ni façon ni engrais (1).

Je pourrais citer plusieurs exemples de la facile reproduction de l'*hélianthus* ; je crois cependant pouvoir affirmer que, pour obtenir des récoltes abondantes, il faut que la plante reçoive du fumier. Au reste, c'est de l'engrais bien placé.

Le topinambour, comme toutes les plantes à feuilles abondantes et fortement développées, exige de l'air et de la lumière : on doit, par conséquent, l'espacer convenablement. Les plantations primitives se font en ligne ; mais dans les semis provenant des résidus de la récolte précédente, on détruit un grand nombre de jeunes pousses, afin d'aligner et d'espacer suffisamment les plants conservés pour la culture. Quand la végétation est déjà avancée on donne un ou deux binages et un buttage.

(1) Schwertz, *Culture des Plantes fourrageres.*

Les feuilles de topinambours sont employées comme fourrage dans quelques localités. La cueillette se fait à diverses époques de l'année. Il peut être lucratif de destiner les feuilles à la nourriture du bétail ; mais je crois qu'il faut opter entre la récolte en vert et celle des tubercules. Il m'a toujours paru hors de doute que l'enlèvement prématuré des tiges nuisait au développement des racines. Pour m'éclairer sur cette question j'ai fait, en 1847, l'expérience que je vais décrire. Dans une plantation de topinambours bien régulière, on a marqué deux surfaces A et B, ayant chacune la moitié d'un are. Le 16 juillet, les tiges très-garnies de feuilles, ayant près d'un mètre de hauteur, ont été coupées sur la surface A.

Elles ont pesé	78 kil.
Le 25 octobre, une deuxième coupe a pesé...	50
	128 kil.

Les tiges et les feuilles ont été consommées avec avidité par le bétail.

On a déterré les tubercules de la plantation le 25 février 1848.

De la surface A, ayant donné deux coupes de fourrage vert,

On a retiré, tubercules	29,7 kil.
De la surface B, laissée intacte	120,3
Et de plus tiges, ligneuses sèches...	48

Si, pour faciliter la comparaison, on rapporte ces résultats à ce qu'ils auraient été sur un hectare en

exprimant la valeur nutritive en foin, telle que je l'établirai plus tard, on a :

Culture A, ayant fourni du fourrage vert et des tubercules,

Tiges et feuilles vertes	25,600 kil.	équivalent à foin	6,250 kil.
Tubercules.........	5,940	id.	2,070
			8,320

Culture B, n'ayant pas fourni de fourrage vert,

Tubercules.........	24,060 kil.	équivalent à foin	8,383

Si l'on ne tient pas compte des 9,600 kilog. de tiges sèches, cette expérience démontrerait qu'au point de vue de la production de la matière alimentaire, il est indifférent d'enlever ou de laisser les tiges vertes. Ce point établi, on en tire cette conséquence : c'est que dans les cas ou le trèfle viendrait à manquer, on pourrait utiliser la plantation de topinambours comme une sole de fourrage vert.

Le produit en tiges ligneuses enlevées pendant l'hiver, sur un hectare, a été pendant plusieurs années : 14,100 kil. ou 53 pour 100 de tubercules; en 1847 : 9,600 kil., soit 40 pour 100 de tubercules.

Schwertz évalue le rendement moyen des fanes sèches de topinambours à 7 à 8,000 kil. par hectare.

Ce produit en ligneux, le plus souvent utilisé comme combustible, est considérable : adoptant le rendement le plus faible, celui indiqué par Schwertz, et prenant 400 kilog. pour le poids d'un stère de bois de chauffage, on trouve qu'un hectare de topinambours fournit par an l'équivalent de 19 stères de bois.

Le topinambour, ne craignant pas la gelée, peut rester dans le sol pendant tout l'hiver ; il n'exige pas, comme la pomme de terre, d'être rentré à une époque déterminée ; on le retire de la terre au fur et à mesure des besoins ; en outre, il ne demande ni local ni soins aucuns pour sa conservation : son approvisionnement est uniquement commandé par cette circonstance, que durant les grands froids où la terre est durcie par le gel, il faut trop de travail pour le déterrer. Pendant l'hiver les tiges ligneuses de la plante sèchent sur place. Nous avons essayé, et cet emploi est peut-être plus profitable, de les faire entrer pour une certaine proportion dans la litière des porcs ; la moelle, qui en forme la plus grande partie, absorbe une assez forte quantité de déjections liquides.

Voici le produit en tubercules constaté en Alsace :

	Hectol.	Kilogr.	Autorités.
Terres sablonneuses........	128	10240	Schwertz.
Sols de première qualité....	319	25520	Kade.
A Bechelbronn (moyenne)...	330	26400	Le Bel et Boussingault.
Bechelbronn, récoltes 1839-40	441	35279	Id.
Bechelbronn, récolte de 1847		24060	Id.

Carotte (*Daucus carota*). — Cette racine entre assez souvent dans la culture, comme plante intercalée ; ainsi on la sème quelquefois avec le pavot. Quelquefois aussi elle est mise en dérobée à la suite des céréales d'automne. C'est un fourrage très-goûté des animaux, mais qui ne possède pas à beaucoup près la valeur nutritive exagérée que lui attribuent la plupart des cultivateurs. La carotte demande un sol profond

assez meuble et homogène, en première sole fumée, et une culture faite avec les plus grands soins. Schwertz, en prenant une moyenne de trois années, porte le rendement par hectare à (1) :

Racines.....	34000 kil.
Fanes vertes.	12000

Dans une culture où cette plante avait été intercalée avec le madia sativa, nous avons obtenu à Bechelbronn, 14,222 kil. de racines. La carotte renferme une proportion considérable d'humidité, 87,6 pour 100 d'après plusieurs de mes expériences.

Les recherches des divers chimistes ont établi que le suc de cette racine contient du sucre, de l'albumine; de la carottine, principe colorant cristallisable; de l'huile volatile, des matières grasses, de l'acide pectique, de la pectine, de l'amidon, de l'acide malique, des phosphates alcalins et terreux.

Drappier a retiré de la carotte 12 pour 100 de sucre cristallisable.

Écorces.

Écorces de cinchona. — Les écorces de quinquina employées avec tant de succès comme fébrifuge, appartiennent à différentes espèces de *cinchona,* arbres des montagnes de l'Amérique méridionale. Dans le

(1) Schwertz, *Plantes fourragères*, p. 278, traduct. de Schauenburg.

commerce on en distingue trois variétés principales : le quinquina gris, le jaune et le rouge. Le principe actif de ce médicament réside essentiellement dans les bases alcalines végétales qu'il renferme : la quinine, la cinchonine, et la cinchovatine récemment découverte par M. Manzini dans le *cinchona ovata*.

Les vertus médicinales du cinchona furent divulguées aux Européens, en 1638, à l'occasion d'une fièvre opiniâtre dont souffrait, à Lima, la comtesse de Chinchon, vice-reine du Pérou. Un corrégidor de Loxa qui, dans une semblable circonstance, avait été guéri par les Indiens, conseilla le quinquina. Le remède eut un plein succès ; et, par reconnaissance, la vice-reine fit apporter des montagnes une grande quantité d'écorce pour être donnée aux fiévreux. Ce fut ainsi que le quinquina prit d'abord le nom de poudre de la comtesse. Plus tard, les membres de la compagnie de Jésus furent chargés de le distribuer, et il devint nécessairement la poudre des jésuites. Enfin, le cardinal de Lugo en ayant introduit l'usage à Rome, le nouveau médicament y fut connu sous le nom de poudre du cardinal.

Avant que les précieuses propriétés du cinchona eussent été appréciées en Europe, les jésuites établis à Chuquiabo tiraient de leur mission de la rivière des Amazones, pour expédier en Espagne et en Italie, une écorce fébrifuge très-amère, provenant d'un arbre nommé par les Indiens *quina quina*. Cette écorce, déjà fort employée, disparut de la matière médicale ;

mais son nom fut donné au médicament de Loxa (1).

Les cinchonas se rencontrent principalement dans les forêts élevées, sous un climat tempéré et dans un sol pierreux. On reconnaît si le moment de la récolte est arrivé, à ce caractère que la face interne de l'écorce, détachée d'une branche, prend en quelques minutes une teinte rouge, jaune ou orangée, suivant l'espèce d'arbre ; si cette prompte coloration ne se manifeste pas, c'est une preuve que l'écorce n'a pas encore atteint toutes les qualités désirables.

On abat les cinchonas un ou deux jours avant de commencer la décortication ; l'opération est alors plus facile, et l'épiderme ne se détache pas. L'écorce du tronc et des branches est enlevée à l'aide d'un grand couteau, en bandes ou lanières que l'on fait aussi larges que possible. Les écorces sont placées sur des draps et mises à dessécher au soleil, en ayant soin d'isoler chaque fragment, afin de faciliter la dessiccation, et surtout pour favoriser l'*enroulement;* quand les écorces se touchent, qu'elles sont amoncelées, elles prennent souvent une odeur désagréable, due à un commencement de putréfaction (2). Le quinquina,

(1) De La Condamine, *Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1738, p. 232.

L'étymologie du mot quinquina, acceptée par La Condamine, mérite d'être rapportée. *Quina*, en langue inca, signifie enveloppe, vêtement, au figuré écorce. Les Indiens, pour exprimer une qualité supérieure, répètent plusieurs fois le même mot : ainsi, *quina quina* pourrait se traduire par écorce des écorces, écorce par excellence.

(2) Ruiz, *Quinologia*.

une fois bien desséché, est expédié dans des enveloppes de cuir de bœuf.

D'après mes observations barométriques et les indications botaniques fournies par M. Goudot, les diverses espèces de quinquina sont distribuées ainsi dans les montagnes de la Nueva-Granada :

		Hauteurs où ils sont très-abondants.	Température de la station.
Quinquina gris?	*C. lancifolia*..	2000 mètres	19°
blanc,	*C. ovalifolia*..	1300	21°
rouge,	*C. oblongifolia*	700	24°
jaune,	*C. cordifolia*..	600	25°

Pelletier et M. Caventou ont trouvé dans le quinquina gris : 1° de la cinchonine unie à l'acide kinique ; 2° une matière grasse ; 3° des matières colorantes rouge et jaune ; 4° du tanin ; 5° du kinate de chaux ; 6° de la gomme ; 7° de l'amidon ; 8° du ligneux (1). Dans le quinquina jaune et le quinquina rouge, ces habiles chimistes ont rencontré les mêmes principes, et de plus du kinate de quinine.

Écorce de saule et de peuplier. — Les décoctions de ces écorces sont souvent employées avec succès pour combattre les fièvres intermittentes. En recherchant le principe actif de ces médicaments, M. Roux, pharmacien à Vitry-le-Français, a découvert dans l'écorce du saule (*salix helix*) une substance particulière amère, la salicine, dont l'effet thérapeutique est analogue à celui des principes fébrifuges des quinquinas.

(1) Pelletier et Caventou, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XV, p. 313, 2e série.

On l'obtient sous forme de cristaux prismatiques. 100 parties d'eau dissolvent à la température ordinaire 5 parties et demie de salicine. La salicine se dissout dans l'alcool ; elle est insoluble dans l'éther et les huiles essentielles. Elle contient, d'après l'analyse de M. Mulder :

Carbone........	56,8
Hydrogène......	6,1
Oxygène........	37,1
	100,0

M. Braconnot a extrait de l'écorce et des feuilles du tremble (*populus tremula*) une autre matière cristalline, la populine. Elle a une saveur sucrée comparable à celle de la réglisse, elle est très-peu soluble dans l'eau et dans l'alcool. M. Braconnot admet dans l'écorce du tremble, indépendamment du ligneux : 1° de la salicine ; 2° de la populine ; 3° une matière particulière, la corticine ; 4° de l'acide benzoïque ; 5° de la gomme ; 6° des tartrates de chaux et de potasse ; 7° de l'acide pectique (1).

Liége. — Le chêne à liége est connu en Espagne sous le nom d'*alcornoque*. Il forme des forêts étendues sur la pente méridionale des Pyrénées, où on le voit souvent établi sur des terrains arides et pierreux qui semblaient destinés à une éternelle stérilité. Le chêne-liége est pourvu de racines flexibles et vigoureuses rampant à la surface dénudée des mas-

(1) Braconnot, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XLIV, p. 296, 2e série.

ses granitiques, contournant les blocs de rochers, jusqu'à ce qu'elles aient rencontré une fissure, un banc de sable, une alluvion, où elles pénètrent profondément pour puiser la nourriture nécessaire à l'arbre d'où elles émanent, en même temps qu'elles le fixent solidement au sol. Parvenu à son entière croissance, l'*alcornoque* s'élève à plus de 20 mètres de hauteur, et son tronc atteint ordinairement un mètre de diamètre (1).

Dans les Pyrénées espagnoles, la limite supérieure de la région du chêne-liége est celle de la vigne, 500 mètres au-dessus du niveau de la Méditerranée. En France cet arbre donne de riches produits dans les communes de Passa, Lauro, Vivès, Oms, dont la hauteur moyenne est de 350 mètres. En Espagne, comme en France, le terrain primitif porte les forêts d'*alcornoques;* et M. Jaubert de Passa, qui a si bien décrit les habitudes et la culture de cet arbre utile, dit positivement qu'il ne croît que sur les sols qui dérivent du granit, du gneiss, du micaschiste, des porphyres, jamais dans les terrains d'origine calcaire (2).

L'*alcornoque* se reproduit spontanément sur les sols siliceux, au milieu des cistes et des bruyères; mais cette reproduction est si lente, que le cultivateur a souvent un intérêt réel à la favoriser par des semis:

(1) Jaubert de Passa, *Mémoires de la Société d'Agriculture*, année 1837.

(2) Jaubert de Passa, *Mémoires de la Société d'Agriculture*, année 1837, p. 9.

et dans ce cas, comme le remarque M. Jaubert, il convient de choisir les semences avec discernement. Il existe plusieurs variétés d'alcornoques. Celle dont le tronc régulier est recouvert d'un épiderme lisse et grisâtre, donne les produits commerciaux les plus estimés ; sa semence est renflée, assez grosse, d'une saveur douce. Les glands mûrissent depuis le mois d'octobre jusqu'à la fin de décembre ; on donne la préférence pour les semis à ceux dont la maturité a lieu vers la mi-novembre ; les autres sont employés à l'engraissement des porcs.

Les Catalans sèment les glands dans un sol labouré, en même temps qu'ils plantent la vigne. Pendant vingt ou vingt-cinq ans, la récolte du raisin compense les frais occasionnés par les soins donnés aux jeunes arbres ; mais le produit de la vigne diminue à mesure que l'alcornoque l'ombrage en grandissant, et il arrive enfin une époque où les ceps dépérissent complétement. Dans sa première année, la croissance en hauteur du chêne-liége va rarement au delà de 17 centimètres ; à 4 ans il a de 40 à 50 centimètres. On l'élague avec soin jusqu'à ce que le tronc soit élevé de 2 1/2 à 3 mètres ; l'arbre peut être alors âgé de vingt ans ; avec son branchage, sa hauteur totale est d'environ 7 mètres, et son diamètre mesuré à la surface du sol se trouve compris entre 16 et 22 centimètres. Dès l'âge de 15 ans l'écorce a perdu le poli et l'aspect noirâtre qui caractérise les jeunes pousses ; elle est divisée en bandes longitudinales par de nombreuses gerçures.

La décortication de l'alcornoque commence vers le 15 juillet et continue aussi longtemps que la séve reste en mouvement. Lorsqu'on le récolte, le liége forme de dix à douze couches dont chacune indique un dépôt annuel. Les deux couches externes constituent l'épiderme, les autres adhèrent fortement entre elles; et bien que d'épaisseur variable, elles présentent une masse homogène. On reconnaît que le liége doit être enlevé quand, vers la dixième année, il a acquis à l'intérieur une teinte légèrement rose. On écorce en pratiquant, à l'aide d'une hache, une entaille sur toute la longueur du tronc, en évitant de blesser les couches ligneuses; on fait ensuite deux autres entailles en travers, aux deux extrémités. En faisant alors pénétrer le manche de la hache dans l'entaille verticale, on soulève et on ouvre, comme une porte, la section d'écorce comprise entre les trois coupures; le travail est des plus faciles quand la séve est abondante. Un tronc est ordinairement écorcé en deux opérations, qui fournissent ainsi deux pièces de liége.

L'écorce d'un alcornoque de vingt ans est toujours mise au rebut. L'arbre doit avoir atteint quarante ans pour que son liége ait une valeur commerciale. Un chêne séculaire peut fournir 100 kilog. de liége. Le maximum de produit s'élève à 440 kilog., mais en moyenne on compte sur 50 kilog. de liége par arbre décortiqué (1).

(1) Jaubert de Passa, *Mémoires de la Société d'Agriculture*, année 1837, p. 53.



Pour préparer le liége, les écorces séchées en magasin sont mises à tremper dans le but de ramollir l'épiderme et les couches adjacentes ; on enlève ensuite avec une doloire large et tranchante, toutes les parties noires, rugueuses, fendillées, adhérentes à la surface externe ; puis on plonge pendant un quart d'heure l'écorce dans un bain d'eau bouillante, afin de lui donner de l'élasticité. Autrefois on produisait cet effet en brûlant la surface extérieure du liége ; cette méthode ne s'applique plus qu'aux produits de qualités inférieures. Quand on a communiqué à l'écorce l'élasticité, la souplesse désirables, on l'entasse pendant quelques jours dans un endroit humide. C'est alors seulement que le liége est livré aux ouvriers *carrodors*, pour être débité en planches telles qu'on les rencontre dans le commerce.

Dans une analyse du liége sec, M. Chevreul a trouvé (1) :

1° Huile odorante, 2° acide acétique, 3° acide gallique et gallate de fer, 4° matière colorante et astringente, 5° principe azoté, 6° chaux..................	14,25
7° Matière analogue à la cire (cérine), 8° résine molle....................................	15,75
9° Liége épuisé par l'eau et l'alcool (subérine)......	70,00
	100,00

La subérine donne, comme le liége, de l'acide subérique par l'action de l'acide azotique. Je ne crois

(1) Jaubert de Passa, *Mémoires de la Société d'Agriculture*, année 1837, p. 59.

pas qu'on puisse la considérer comme un principe immédiat ; car en la traitant par une dissolution de potasse, on dissout la matière grasse qu'elle contient encore, et il reste un résidu ligneux. La substance grasse et résineuse que l'on obtient en saturant la liqueur alcaline, est brune, très-fusible, et produit de l'acide subérique, lorsqu'elle est traitée par l'acide azotique. En soumettant le liége à l'action dissolvante de l'éther dans un appareil de déplacement, j'en ai retiré une résine cristallisant en belles aiguilles blanches et soyeuses, composées de :

Carbone..........	82,6
Hydrogène........	11,2
Oxygène..........	6,2
	100,0

Feuilles.

Les parties herbacées des végétaux ont toutes une composition à peu près semblable, si on les envisage d'un point de vue très-général. Les feuilles, les tiges vertes, contiennent toujours, avec la fibre ligneuse qui en forme en quelque sorte le squelette, de l'albumine ou un principe azoté analogue, des matières sucrées et gommeuses, de la chlorophylle, de la cire, des substances grasses et résineuses, des acides libres ou combinés, souvent enfin des huiles essentielles. Tel est l'ensemble de la constitution que les chimistes assignent au trèfle, au foin, aux feuilles, en un mot à tous les fourrages verts. Cependant, à cette constitution que l'on pourrait appeler normale, vien-

nent quelquefois s'ajouter des matières particulières dont nous avons déjà étudié quelques-unes, et qui, par les propriétés médicales ou l'utilité économique qu'elles donnent aux plantes, font de ces dernières un objet important de la grande culture. Je me bornerai à considérer deux de ces plantes, le tabac et le thé, dont les feuilles, d'un usage presque universel, sont une source de prospérité commerciale pour les peuples qui les cultivent.

Tabac. — Le tabac (*nicotiana tabacum*), originaire de l'Amérique, paraît avoir été introduit en Espagne et en Portugal, vers le milieu du seizième siècle, par Fernandès de Tolède. On croit que son nom vient de ce que les premières importations se firent de l'île de Tabago, une des Antilles peu distante de la côte de Venezuela. Nicot, ambassadeur en Portugal, en fit connaître l'usage en France (1). Aujourd'hui la culture du tabac est répandue sur presque toute la surface du globe.

Cette plante demande un sol assez meuble, riche en humus : aussi vient-elle parfaitement sur les défrichements. En Amérique, sa culture et sa préparation sont à peu près les mêmes partout.

Dans Venezuela, on sème la graine en pépinière sur des fonds extrêmement riches; et au bout de quarante à cinquante jours, on repique les jeunes plants en les disposant en lignes éloignées d'à peu près $1^m,2$. Les plants sont espacés à environ 60 centimètres. On

(1) *Journal d'Agriculture pratique*, t. II, p. 174.

recouvre ordinairement la plante repiquée avec une feuille de bananier, pour la préserver de l'ardeur du soleil pendant les premiers jours qui suivent la transplantation. Il ne tarde pas à se former un bourgeon à l'extrémité supérieure, lorsque le pied de tabac est arrivé à une hauteur d'un demi-mètre. On coupe ce bourgeon et ceux qui pourraient encore se reproduire ; on enlève également les jets partant du pied de la tige principale. A l'aide de ces précautions le tabac devient touffu, les feuilles acquièrent une teinte bleue très-prononcée. On reconnaît qu'elles sont en état d'être cueillies, à l'apparition d'une tache d'un bleu foncé qui se montre près du pédicule. Les feuilles ne mûrissent pas simultanément, et une des préoccupations constantes du planteur est d'enlever soigneusement celles dont l'aspect présente tous les signes de la maturité.

Après la cueillette, les feuilles sont transportées sous des hangars où elles sont étendues deux par deux sur des claies disposées à cet effet. Le tabac devient jaune et flexible : c'est alors qu'après avoir enlevé la nervure principale, les *côtes* de chaque feuille, on les tord en forme de cordes que l'on met ensuite en pelotons du poids de 30 à 40 kilogrammes. Ces pelotons sont placés sur un lit fait avec des feuilles avariées et les *côtes* détachées. On couvre toute la masse et on la laisse fermenter pendant quarante-huit heures, en arrosant si le tabac paraît trop sec ; il se développe de la chaleur. Quand les cordes de tabac ont subi une fermentation suffisante, on les expose à l'air pour les faire refroidir ; enfin on les déroule, et on les suspend

sous les hangars pour favoriser le dégagement de l'excès d'humidité. On laisse le tabac suspendu jusqu'à ce qu'en l'exprimant il n'en sorte plus de jus. Si les ouvriers reconnaissent que le produit est marchand, qu'il a toutes les qualités exigées par les consommateurs, on donne au tabac en corde la dernière façon, ce qui consiste à en former de petites pelottes ou des *carottes* (manoques) du poids de quelques kilogrammes. Si au contraire on s'aperçoit que la fermentation n'a pas été poussée assez loin, on fait fermenter de nouveau.

La zone verticale de la culture du tabac entre les tropiques est très-étendue, on le récolte depuis le niveau de la mer jusqu'à une hauteur de 1800 mètres; la durée de la végétation dépend, comme je l'ai déjà indiqué, de la température moyenne des différentes stations où la culture est établie. D'après les observations de M. Codazzi, faites dans la Cordillière orientale des Andes et dans la chaîne du littoral de Venezuela, la cueillette des feuilles commence, dans les régions les plus chaudes, cent-cinquante jours après les semailles. Dans les stations supérieures, là où le thermomètre se maintient à 18° ou 19°, les premières feuilles ne sont arrachées qu'au bout de sept mois et demi environ.

Dans l'Inde, à Ceylan, le tabac se cultive presque exactement comme en Amérique. On s'oppose aussi à ce que la plante prenne un trop grand développement en hauteur, et on limite le nombre de feuilles de chaque pied, selon la qualité du tabac que l'on

veut récolter. En laissant la plante garnie seulement de dix à douze feuilles, on obtient un produit très-recherché. En conservant dix-huit à vingt feuilles, le tabac est loin d'avoir la même force. Enfin, en abandonnant la plante à elle-même, en permettant à sa tige de croître et de fleurir, on se procure une récolte abondante et un produit peu estimé. Les feuilles cueillies sur la plante parvenue à ce degré de développement, sont souvent livrées à la consommation après une simple dessiccation, sans avoir fermenté. Le tabac qu'elles fournissent est jaune, extrêmement doux et parfaitement convenable pour l'usage immodéré qu'en font les *Cingales* (1).

Si la culture permet d'obtenir un produit supérieur, aux dépens de la quantité, il est cependant incontestable que le climat exerce la principale influence sur la qualité du tabac. Celui que l'on récolte dans les régions tempérées des Andes, en Virginie ou en Europe, ne saurait en aucune façon être comparé au tabac de la Havane, de Varinas, de Giron, de la vallée du Cauca. La plantation m'a paru surtout avantageuse dans les localités dont la température moyenne ne descend pas au-dessous de 24°.

Le tabac est une plante des pays chauds ; là seulement, cette plante donne des produits de qualité irréprochable. Dans Venezuela, où sa culture est pratiquée avec une rare intelligence, et dans des localités où la chaleur du climat se maintient entre 25° et

(1) Strachan, *Philosophical transactions*, année 1702, p. 1164.

27°, on compte que dix plants sont nécessaires pour produire 1 kil. de tabac ; et en moyenne, par hectare non fumé, on récolte assez de feuilles pour en préparer 1400 kilos. (1).

En Alsace, on sème vers la mi-mars, on repique dans les premiers jours de juin, et l'on récolte en automne. On suit à très-peu près le mode de culture déjà décrit, en laissant à chaque pied huit à dix feuilles. Schwertz évalue le rendement par hectare à 15 quintaux (2). Thaer, en Prusse, le porte à 1450 kilos (3).

Dans toute l'Europe, la consommation du tabac prend un accroissement considérable. En France, la régie en a vendu en 1837, sous différentes formes, 14,143,791 kil. Durant la même année, on en a récolté dans les départements où la culture est autorisée, 10,000,000 de kil. (4). La différence que l'on remarque entre le chiffre de la consommation et celui de la production territoriale, a été comblée par les provenances étrangères.

Selon les documents publiés par l'administration, dans toute la France, en 1841, 8,158 hectares en culture ont fourni 9,664,120 kil. de tabac, quantité qui répond à un rendement moyen de 1185 kil. par hectare (5).

Les propriétés du tabac résident très-probablement

(1) Codazzi, *Resumen de la Geografia de Venezuela*, p. 137.
(2) Schwertz, *Cultures de l'Alsace*, p. 284, trad.
(3) Thaer, *Principes raisonnés d'Agriculture*, t. IV, p. 192.
(4) *Statistique agricole de la France.*
(5) Id.

dans l'alcali végétal volatil qu'il contient, la nicotine. Suivant l'analyse de M. Posselt et Keimann, les feuilles de tabac seraient formées de (1) :

Nicotine....................	0,07
Matière extractive...........	2,87
Gomme....................	1,74
Résine verte...............	0,27
Albumine.................	0,26
Gluten....................	1,05
Acide malique..............	0,51
Malate d'ammoniaque.......	0,12
Sulfate de potasse...........	0,05
Chlorure de potassium.......	0,06
Azotate et malate de potasse..	0,21
Phosphate de chaux.........	0,17
Malate de chaux............	0,72
Silice.....................	0,09
Ligneux....................	4,97
Eau........................	86,84
	100,00

Pendant la fermentation des feuilles il se forme toujours quelques sels ammoniacaux.

Thé. — Le thé, dont l'usage est si universel dans l'empire chinois, commença à être connu en Europe dans le dix-septième siècle, époque à laquelle il fut apporté par la compagnie hollandaise des Indes. En 1669, l'importation du thé en Angleterre ne dépassa pas 56 kil. En 1833, la Compagnie des Indes en réserva pour la consommation de la Grande-Bretagne près de 11 millions de kilos.

L'arbre à thé atteint communément une hauteur

(1) Berzélius, *Traité de Chimie*, t. VI, p. 280.

de 1^m,5 à 2^m,5. En Chine, il fleurit dès le commencement du printemps, et porte des graines en décembre et janvier. Ses branches sont recouvertes de feuilles courtes, épaisses, d'un vert foncé et d'une forme elliptique. C'est une plante des plus vigoureuses, qui prospère depuis l'équateur jusqu'au 45e parallèle; mais les districts où la culture paraît la plus avantageuse, sont compris entre le 25e et le 33e degré de latitude (1). Le thé exige un climat humide, un sol léger et sablonneux. On ne fume pas, et on n'a pas égard à la nature des terres quand l'irrigation est praticable.

L'arbre est propagé par semis. On place plusieurs graines dans des trous creusés de manière à espacer les plants à un ou deux mètres. L'arbuste produit dès sa troisième année. La cueillette se fait à la main; on enlève les feuilles, en ayant cependant la précaution d'en conserver quelques-unes sur chaque branche. Dans une même année, on fait deux à trois récoltes, selon l'âge de la plante; il est rare qu'on en fasse une quatrième. En Chine l'effeuillage commence vers le 15 avril, époque à laquelle les bourgeons folifères apparaissent enveloppés d'un léger duvet cotonneux. Cette première récolte est très-faible, mais elle fournit le thé le plus estimé, le *show chun*, ou thé de première origine. La seconde cueillette a lieu en juin, quand les branches sont garnies de feuilles d'une couleur assez foncée; ces feuilles, très-abon-

(1) Robinson, *A descriptive account of Assam*, p. 131.

dantes, sont inférieures en qualité aux bourgeons de la récolte précédente. Les Chinois les emploient pour préparer le thé *urh chun* ou de seconde origine. On fait encore une troisième cueillette un mois après; les feuilles dites alors *san chun* ou de troisième origine, sont d'un vert très-intense, coriaces : elles donnent le thé le plus commun.

Déjà des plantations considérables de thé sont établies dans l'Inde anglaise, dans l'Assam, le Brésil; et il n'est pas improbable que cette plante ne s'établisse un jour en Europe.

Au rapport de Guillemin (1), qui a observé la culture et la préparation du thé au Brésil, les feuilles sont soumises à la dessiccation immédiatement après avoir été cueillies. On en place 2 à 3 kil. dans une chaudière de fer très-évasée, polie, dont l'intérieur peut avoir un mètre de diamètre, sur 30 centimètres de profondeur. La température du métal de la chaudière est entretenue à près de 100 degrés; un nègre remue avec les mains les feuilles dans tous les sens, jusqu'à ce qu'elles soient devenues souples comme un chiffon, à ce point qu'on puisse en former de petites pelotes. Quand elles ont acquis une souplesse suffisante, on les place sur une claie faite avec des lanières de bambou, et on les malaxe fortement pendant un quart d'heure, de manière à en exprimer un suc verdâtre, d'une saveur désagréable. Les feuilles malaxées sont alors remises dans la

(1) Guillemin, *Rapport* sur sa mission au Brésil.

chaudière ; on les dessèche complétement en les retournant sans cesse avec la main, les séparant quand elles s'agglomèrent, les soulevant, les faisant voltiger pour les empêcher d'adhérer et de brûler au contact du métal. Durant cette opération qui se prolonge pendant une demi-heure, il se dégage une poussière abondante provenant du duvet cotonneux dont la plante est recouverte. Par cette dessiccation rapide, les feuilles se roulent sur elles-mêmes, se crispent, prennent l'aspect du thé du commerce. A sa sortie de la chaudière, le thé est passé dans un crible, dont les ouvertures carrées ont 3 millimètres : les feuilles les mieux enroulées, celles qui proviennent des bourgeons, passent à travers ; et après les avoir vannées, on leur donne un nouveau coup de feu, jusqu'à ce qu'elles aient pris une teinte plombée grisâtre. Ce premier produit porte au Brésil le nom de *thé impérial* ou *thé uchim*. La partie retenue sur le crible est chauffée, vannée et criblée : c'est le *thé hyson fin*. Le résidu de ce second produit est encore soumis aux mêmes opérations ; il donne le *thé hyson commun*. On obtient encore, et toujours par les mêmes moyens, le *thé hyson grossier*. Enfin, les feuilles brisées, non enroulées, les débris du vannage, sont appelés *thé de famille*, parce qu'on le consomme sur place.

Pendant et après sa dessiccation, le thé répand une odeur herbacée peu agréable, qui se modifie avec le temps. L'arome des thés chinois leur est communiqué par une plante très-odoriférante, que l'on

croit être l'*olea flàgrans*. On prétend aussi que le thé vert est coloré au moyen de l'indigo. Il est possible, cependant, que la couleur dépende simplement du degré de torréfaction. Guillemin ne nous a rien aissé sur le rendement de l'arbre à thé du Brésil. En Chine, suivant un manuscrit de M. Carpena, vicaire apostolique du Fo Kien, un arbuste, dans une culture faite avec soin, produit annuellement pendant trente ou quarante ans, 1$^{\text{kil.}}$ à 1$^{\text{kil.}}$,5 de thé torréfié.

Le thé, d'après les analyses de M. Mulder, renferme les mêmes principes qu'on rencontre généralement dans les feuilles, et, de plus, une substance cristalline, la caféine, qui est aussi la matière active du café.

La caféine cristallise en aiguilles incolores d'un aspect soyeux, d'une saveur amère. Elle est peu soluble dans l'alcool et dans l'éther; l'eau en dissout 1/40; elle se sublime sans éprouver de décomposition, et c'est par la sublimation que M. Stenhouse propose de l'extraire du thé (1).

M. Peligot a retiré de 100 parties de thé (2) :

Thé.	Caféine.
Hyson................	2,6 à 3,4
Poudre à canon.........	2,2 à 4,1

Le thé, à l'état où on le trouve dans le commerce, renferme pour 100, de 8 à 10 d'humidité, et 31 à 41 de matières solubles dans l'eau bouillante.

(1) Stenhouse, *Annalen der Chemie und Pharm.*, t. XLV, p. 336.
(2) *Annales de Chimie et de Physique*, t. II, p. 129, 3e série.

La caféine est certainement le principe auquel le thé doit sa saveur amère et quelques-unes de ses propriétés. Les expériences ont d'ailleurs prouvé que cette substance, quand elle est administrée seule et à dose assez forte, ne produit aucune action fâcheuse sur l'économie animale.

Semences.

Froment. — Cette céréale appartient au genre *Triticum*, qui fournit à l'agriculture un grand nombre d'espèces importantes.

On peut faire, dans les blés, deux grandes divisions: les froments proprement dits, dont le grain se sépare de la balle par le battage; les épeautres, dont le grain reste adhérent à la balle.

Dans les froments on distingue :

1° Le blé ordinaire sans barbe (*triticum hibernum*), à paille creuse, comme le blé blanc de Flandre; le blé de Hongrie ; la touselle de Provence; le blé de Talavera, le blé rouge, etc., etc.;

2° Le blé à épis barbus, comme la seisette de Provence; le blé du Cap; le blé barbu de Toscane, etc., etc.;

3° Le blé renflé; le poulard; le gros blé (*T. turgidum*), dont les caractères les plus saillants sont: un épi carré, barbu, la paille pleine, comme le blé géant;

4° Les blés durs ou cornés, tels que le blé de Pologne, à longs épis, aux grandes balles, au grain très-dur et presque transparent; les froments cornés d'Afrique (*T. durum*), à barbes très-longues et très-roides,

au grain allongé, comme le trimenia de Sicile, l'aubain rouge du Languedoc, etc.

Les épeautres comprennent :

L'épeautre non barbu (*T. spelta*); E. blanc, barbu, variété très-hâtive; l'amidonnier, ou épeautre de mars; l'amidonnier roux du Wurtemberg ; le petit épeautre (*T. monococum*), variété très-rustique (1).

Le froment se sème soit sur jachère, soit sur les soles qui ont porté précédemment des plantes fourragères. Il exige un terrain consistant, frais, suffisamment calcaire. Il vient moins bien dans les sols sablonneux. Pour les semailles, on choisit des grains offrant tous les signes d'une bonne qualité, et cette précaution ne suffit pas toujours pour préserver la plante du charbon, de la carie, de la nielle, etc. On est dans l'usage, avant de confier les semences à la terre, de leur faire subir certaines préparations ayant pour but de détruire les germes des parasites qui, à ce qu'on assure, adhèrent à leur épiderme. Cette opération est appelée *chaulage*, parce qu'on a d'abord employé comme préservatif un lait de chaux dans lequel on laissait macérer les grains pendant quelque temps. Des moyens plus efficaces ont été recommandés; on fait usage d'alun, de sulfate de fer, de sulfate de zinc, de sulfate de cuivre, de sulfate de soude, d'acide arsénieux. Tous ces moyens paraissent d'ailleurs conduire au même résultat. Nous

(1) Vilmorin.

nous servons de sulfate de cuivre, comme on le fait du reste dans une bonne partie de l'Alsace, et je puis assurer que nos champs de blé ne sont jamais infectés. On compte 100 grammes de sulfate pour un hectolitre de froment; on dissout le sel dans la quantité d'eau jugée nécessaire pour pouvoir y submerger le grain, qu'on laisse séjourner dans le liquide durant trois quarts d'heure environ. On fait égoutter le froment dans des paniers, puis on le sèche avant de le semer.

L'emploi de substances toxiques, comme l'arsenic et le sulfate de cuivre, n'étant pas exempt de dangers, Matthieu de Dombasle a proposé un procédé de chaulage très-efficace au moyen du sulfate de soude et de la chaux. Voici comment on opère avec ces matières; les proportions suivantes sont calculées pour un hectolitre de semence. On fait dissoudre 640 gr. de sulfate de soude dans 9 litres d'eau chaude. En même temps on prend 2 kilog. de chaux vive que l'on éteint; la meilleure manière d'opérer l'extinction est de mettre la chaux dans un panier qu'on plonge pendant un instant dans l'eau; la chaux imbibée est déposée sur le sol où elle ne tarde pas à tomber en farine (hydrate de chaux).

On introduit le blé dans un grand baquet; et pendant qu'on l'arrose avec la dissolution de sulfate de soude, on le remue à la pelle, afin que chaque grain soit mouillé. C'est alors qu'on répand la chaux hydratée, en continuant l'agitation pour que le blé soit bien saupoudré. L'opération terminée, on verse la se-

mence sur le sol, elle paraît sèche, et peut rester en tas pendant plusieurs jours sans éprouver d'altération, mais mieux vaut l'étendre en couche peu épaisse et la retourner de temps en temps jusqu'à ce qu'on l'emploie. Quand les matériaux sont prêts, on peut traiter un hectolitre de blé en un quart d'heure.

L'époque des semailles du froment d'automne dépend évidemment du climat, et rien d'inutile comme ces dates précises indiquées par la plupart des auteurs. Ce qu'il ne faut point perdre de vue, c'est que la plante doit acquérir un certain développement avant l'arrivée de la saison froide, afin que les racines aient déjà pénétré à une assez grande profondeur, pour être à l'abri de la température rigoureuse de l'hiver. Dans chaque localité, l'expérience a enseigné le moment le plus convenable ; c'est une règle à laquelle il faut se conformer, et ce n'est jamais sans inconvénient qu'on s'en écarte. Dans l'est de la France, les semailles se font généralement dans la première semaine d'octobre. Dans l'hémisphère austral, dans certaines parties du Chili, on sème en avril le blé qui doit supporter les froids des mois de juin, juillet et août. La semence varie depuis 1 hectol. et demi jusqu'à 3 hect. par hectare. On s'accorde à reconnaître qu'on fait de bonnes semailles avec 2 hectolitres; mais dans une même localité, sur des champs contigus, on voit assez fréquemment employer des doses de semence qui sont dans le rapport du simple au double, sans qu'à ma connaissance du moins, aucune raison plau-

sible ne justifie cette prodigalité ou cette parcimonie. C'est d'ailleurs une question de la plus haute gravité, que celle de savoir quelle est la proportion la plus convenable à employer. Cette question, on peut, on doit la poser de deux manières, selon que l'on considère le produit d'une surface donnée de terrain, ou bien que l'on envisage seulement le rapport de la récolte au grain ensemencé. Il est de toute évidence qu'en semant assez dru, on obtiendra plus par hectare qu'en semant très-clair; mais, par contre, des semailles claires rendront un plus grand nombre de fois la quantité de semence. Les raisons qui doivent déterminer dans la dose de grains à semer, sont nombreuses et très-complexes; elles se déduisent évidemment de la valeur du fonds en culture, des prix de la céréale, des pailles, de la main-d'œuvre, des engrais. Ainsi, dans les contrées où la terre n'a presque aucune valeur, il peut être très-convenable de répandre peu de semence sur une grande surface, et d'épargner en même temps les façons du sol. Je me rappelle un champ des environs de Pamplona, où le froment était disposé en touffes isolées, toutes très-vigoureuses et extraordinairement chargées de grains; la terre n'avait reçu qu'une préparation insignifiante, et néanmoins on s'attendait à récolter soixante à quatre-vingts fois la semence. C'était, à n'en pas douter, une culture avantageuse, et cependant j'ai la conviction qu'elle n'a pas rendu plus de 5 à 6 hectolitres de froment par hectare.

Par les mêmes considérations, les premiers planteurs des États-Unis ont dû suivre une méthode à peu près semblable. «Un fermier anglais, dit Washing-« ton dans une lettre adressée à Arthur Young, « doit avoir une opinion extrêmement désavanta-« geuse de notre sol, s'il apprend qu'une acre ne pro-« duit chez nous que 8 à 10 bushels de froment (7 à « 9 hectolitres par hectare) ; mais il ne doit pas ou-« blier que dans tous les pays où les terres sont à bon « marché, et où la main-d'œuvre est chère, on aime « mieux cultiver beaucoup que cultiver bien. »

En Alsace, nous considérons seulement comme profitable, une récolte dont le produit ne descend pas au-dessous de 17 à 20 hectol. par hectare; et dans cette circonstance jugée avantageuse, nous ne retirons tout au plus que huit à dix fois le grain semé.

Toutefois, il faut bien le reconnaître, dans ces cas extrêmes où la terre a une valeur aussi différente, puisque cette valeur peut varier dans le rapport de 1 à 1000, il est, dans la dose des semences, des limites qu'il ne faut pas dépasser; et il y aurait sans aucun doute une suite d'expériences curieuses et utiles à entreprendre, dans le but de déterminer la relation qui existe entre le produit des récoltes et la quantité du grain confié au sol. Je n'ignore pas que plusieurs résultats de ce genre ont déjà été publiés; mais je sais aussi que ces résultats, appuyés sur des renseignements assez vagues, n'ont pas été déduits d'un ensemble de faits nombreux bien comparables, observés dans des conditions climatériques variées, tels en un

mot qu'ils devraient l'être, pour faire cesser l'incertitude qui règne encore à ce sujet dans l'opinion des cultivateurs et des économistes les plus éclairés.

Voici, d'après divers agronomes, la quantité de semence mise par hectare dans différentes contrées :

	Hectolitres.	Autorités.
Nord de l'Angleterre	1,19	Arthur Young.
Blomfield, Angleterre	3,25	Gourcy.
Prusse	2,40	Thaer.
Berne.....................	1,42	Crud.
Genève....................	2,62	Pictet.
Nismes....................	2,02	—
Sicile.....................	1,20	De Candolle.

Dans les semailles, on cherche à répartir, aussi également que possible, un certain nombre de graines sur une surface donnée de terrain. Il doit par conséquent exister une relation entre la quantité de litres de semence à employer et le nombre des graines contenues dans un litre. Par exemple, dans une contrée où l'on obtient de bons résultats, en répandant sur un hectare 300 litres de froment, supposons qu'exceptionnellement on ait à semer un blé d'une nature telle, qu'à volume égal il renferme un nombre de grains double de celui qui se trouve dans la semence ordinaire. On voit que l'on pourra réduire cette semence à 150 litres, puisque, d'après notre supposition, il y aura, dans ce volume, tout autant de grains que dans les 300 litres du premier froment : dans les deux cas, un mètre carré de la surface ensemencée recevra la même quantité de grains de blé.

L'espace à laisser entre les plants ne saurait fixer le

cultivateur sur la proportion de semence dont il doit faire usage, et cela par la raison que les graines ne lèvent pas toutes; il y a d'ailleurs de jeunes plants qui périssent par suite des intempéries. Il faut donc faire la part des éventualités.

Pour me rendre compte, dans notre culture de froment, de la semence à employer et du nombre de plants et d'épis produits par cette semence, j'ai recueilli, en 1848, quelques observations propres à jeter un certain jour sur la question des semailles.

L'hectolitre du blé semé pesait 78 kilogrammes. 133 grains du même blé ont pesé 5 gr., 436 : le poids moyen d'un de ces grains était par conséquent de 0 gr., 0409.

Avec ces données, on trouve que l'hectolitre renfermait 1,907,090 grains de blé.

Dans de bonnes terres argileuses, convenablement préparées, on a semé en diverses proportions; lorsque le blé approchait de sa maturité, on a compté, dans les diverses pièces, les plants et les épis contenus dans un mètre carré. Ces déterminations ont été faites avec un grand soin par M. E. Oppermann.

Voici les résultats auxquels on est arrivé :

DÉSIGNATION des pièces.	Semence pour 1 hectare.	Grains de blé, sur 1 mètre carré.	Plants de blé, venus sur 1 mètre carré.	Épis sur 1 mètre carré.	Surface du sol occupée par un plant.
	Litres.				Cent. carrés.
Rumel...........	240	458	184	410	54
Reitling.........	250	477	232	430	43
Ebersbronn......	160	305	115	380	87
Lohren..........	195	372	«	390	«

Les épis de l'Ebersbronn étaient les plus beaux, les tiges les plus fortes; les 380 épis comptés sur un mètre carré de cette pièce de terre valaient certainement autant, si ce n'est plus, que 410 épis du Reitling.

En prenant la moyenne, on voit qu'on a semé 211 litres de blé par hectare, et qu'il y a eu 4 grains répandus sur une surface de 1 décimètre carré ou 100 centimètres carrés. Or, par les résultats ci-dessus, on reconnaît que les plus petites surfaces de terrain occupées par un plant ont été de 43 centimètres carrés, surface à peu près double de celle qu'aurait prise chaque pied si tous les grains semés eussent levé. En semant, comme nous le faisons dans notre pratique, 2 hectolitres de froment par hectare, ou environ 4 grains par décimètre carré, nous employons peut-être trop de semence : 3 grains par décimètre carré, ou 150 litres pour un hectare, suffiraient probablement; mais il faut considérer que, dans les semis à la

main, on ne saurait compter sur une répartition assez régulière pour adopter un *minimum*.

Une fois fixé sur le nombre de grains qu'il convient d'étendre uniformément sur un mètre carré de terre à ensemencer, on déterminera la semence à employer pour un hectare, quand on connaîtra le nombre des grains contenus dans un litre. Cette donnée, on l'obtient en comptant les grains d'un décilitre de blé ; lorsqu'on dispose d'une balance suffisamment sensible, on peut déterminer le poids d'un nombre connu de grains; si d'un autre côté on connaît le poids du litre, on aura naturellement les éléments nécessaires pour calculer les grains renfermés dans ce litre.

Cette simple notion peut conduire à une économie notable de semence. J'ai vu, au printemps de 1848, un champ de blé ensemencé à raison de deux hectolitres pousser beaucoup trop dru, circonstance qui a été expliquée lorsqu'on eut trouvé que le grain récolté en 1847, bien que beau et très-dense, était cependant beaucoup moins volumineux que dans les années ordinaires; on avait mis près de 6 grains de froment par décimètre carré, quand on croyait avoir semé à raison de 4 grains.

Il est indispensable de savoir combien il entre de grains dans un litre de froment, lorsqu'on en veut jeter sur le sol un nombre déterminé par mètre carré, par exemple 4 grains pour un décimètre carré. Le blé dit richelle blanche, contenant 12,100 grains au litre, on devra en semer 331 litres

par hectare, c'est à peu près la dose adoptée dans les environs de Paris. Dans un litre de blé blanc de Flandre il y a 21,700 grains. Pour satisfaire à la condition énoncée, il suffira d'en semer 180 litres ; en effet, malgré la grande différence de volume des deux semences, dans un cas comme dans l'autre, l'hectare recevra 4 millions de grains de blé.

M. Loiseleur-Deslongchamps a donné, pour divers froments, la quantité de grains contenus dans un litre.

VARIÉTÉS.	GRAINS contenus dans un litre.
Blé de Mongolie	11500
Richelle blanche	12100
Blé de Saumur	13460
Blé d'Odessa	13480
Blé du Caucase	15020
Blé blanc de mars	15260
Richelle de mars	16020
Blé blanc de Flandre	21700
Aubain d'Odessa	24120
Aubain de Taganrock	25320
Blé tendre d'Odessa	29040
Blé tendre de Galatz	29200
Seisette rouge de Toulon	38800
Blé de Marianopoli	46560

Après avoir semé, on herse pour enterrer la semence; il y aurait plusieurs inconvénients à laisser les grains à la surface du sol : mais quelle est la profondeur la plus favorable à la germination du froment? Cette question a été examinée par un cultivateur du

département du Nord, M. Moreau. L'expérience a consisté à enfouir à diverses profondeurs des grains de blé. On avait disposé 13 zones de terrain, ayant des surfaces égales; chaque zone fut ensemencée avec 150 grains (1).

NUMÉROS des ZONES.	PROFONDEUR à laquelle les grains ont été places EN MILLIMETRES.	GRAINS levés SUR 150.	NOMBRE d'épis PAR ZONE.	NOMBBE de grains recoltés PAR ZONE.	RÉCOLTE pour 1 GRAIN SEMÉ.
1	160	5	53	682	4
2	150	14	140	2,520	17
3	135	20	174	3,818	25
4	120	40	400	8,000	53
5	110	72	700	16,560	114
6	95	93	992	18,534	124
7	80	125	1,417	35,434	236
8	65	130	1,560	34,339	229
9	50	140	1,590	36,480	243
10	40	142	1,660	35,825	239
11	25	137	1,461	35,072	234
12	10	64	529	10,587	71
13	0	20	107	1,600	11

On voit que, pour le climat du département du Nord et pour la nature du sol dans lequel cette intéressante expérience a été faite, le résultat le plus avantageux a été fourni par les grains enterrés entre 50 et 25 millimètres de profondeur. C'est, après tout, la profondeur à laquelle se trouvent placées les semences mises dans un terrain bien meuble et convenablement hersé.

(1) De Villeneuve, *Manuel d'Agriculture*, t. I, p. 358.

En Europe, le froment semé en automne occupe ordinairement le sol pendant neuf mois. Cette durée de la culture varie d'ailleurs considérablement avec les climats : dans la chaîne des Andes, elle est proportionnée à la température propre des localités.

Pour semer un hectare, y compris les hersages, on compte dans les environs de Strasbourg 0,8 journée d'homme, et 1,6 journée de cheval. Après une récolte de pavot ou de chanvre, on donne généralement deux labours; après les pommes de terre, un labour; après la navette, trois ou quatre labours.

En Amérique, le froment qui est aujourd'hui un produit très-important de l'agriculture, a été introduit d'Europe très-peu de temps après la conquête. Les premiers grains de blé furent semés au Mexique avant 1530; ils avaient été trouvés par un nègre de Fernand Cortès, parmi du riz destiné à rationner l'armée (1). Quito doit le blé à un Flamand, le père Jose Rixi, moine de l'ordre de Saint-François; on m'a montré, dans le couvent de San-Francisco, le vase d'argent dans lequel étaient contenus les grains apportés d'Espagne.

Au Mexique, dans les cultures irrigables, et ce sont, toutes choses égales d'ailleurs, les plus productives, on arrose le blé à deux époques, lorsqu'il sort de terre, et quand il est près de monter en épi. Suivant M. de Humboldt, qui a recueilli des documents précieux sur

(1) Humboldt, *Essai politique sur la Nouvelle-Espagne*, t. II, p. 420.

l'agriculture de la Nouvelle-Espagne, la richesse des récoltes est vraiment surprenante; les sols irrigués rendent souvent de quarante à soixante fois la semence; on considère comme un produit médiocre celui de seize pour un, et en prenant une moyenne pour tout le Mexique, ce rendement peut s'évaluer de vingt-deux à vingt-cinq (1).

La culture du froment est surtout profitable dans les localités tropicales possédant une température moyenne de 18° à 19°; néanmoins elle réussit encore là où l'on rencontre déjà des plantations de cafiers et de cannes à sucre, mais je doute qu'elle soit très-productive. Les limites extrêmes de la culture du blé dans les Cordillières répondent, d'après mes observations, aux températures moyennes et à peu près constantes de 12° et 23°,5. M. Codazzi estime à trente-sept pour un, le produit moyen du froment dans Venezuela.

On admet en moyenne que l'hectolitre de froment pèse 77 kil.; ce poids varie cependant d'après la qualité même du grain, entre 71 et 80 kil.

Voici, d'après des documents dignes de confiance, le produit moyen des récoltes de blé dans différentes contrées.

Tableau

(1) Humboldt, *Essai politique, etc.*, t. II, p. 429.

LOCALITÉS.	PRODUIT PAR HECTARE (semence déduite). En volume.	En poids (1).	AUTORITÉS.
	hectol.	kilog.	
Allemagne : Mœgelin	23,3*	1833	Thaër.
Gussow	18,7*	1440	Podewils.
Lavanthale	20,0*	1540	Burger.
Saint-Florian	19,3*	1486	Burger.
Saalfelden	16,1*	1240	Lurzer.
Dans l'Altenbourg	19,0*	1463	Schmalz.
Ponitz	21,0*	1617	Schmalz.
Homgerbrunn (Carinthie)	18,8*	1248	Burger.
Lombardie : terres irriguées	22,4*	1725	Burger.
Id. terres non irriguées	13,9*	1070	Dandolo.
Id. id.	9,6*	739	Verra.
Moyenne de la Lombardie vénitienne.	13,9*	1070	Burger.
Angleterre : les meilleures cultures.	30,0*	2310	Arthur Young.
— Moyenne	20,7*	1594	Arthur Young.
Brabant et Flandre	25,2*	1950	Schwertz.
France : Alsace (après tabac)	26,0*	2002	Schwertz.
Alsace : Bechelbronn	19,5	1501*	Lebel et Boussingault.
Roville (Meurthe)	14,3*	1101	Mathieu de Dombasle.
Environs de Paris	22,0*	1694	Dailly.
Id. du Nord	20,7*	1594	Statistique officielle.
Id. Seine-et-Oise	19,1*	1471	
Id. Oise	18,8*	1248	
Lot, Lozère, Dordogne, Cantal	5,4*	416	
Amérique : à l'est des Alleghanys ;			Blodget.
Id. terres riches	30,8	2372*	
Id. terres médiocres	8,7	667*	
Mississipi : terres riches	38,6	2965*	
Id. terres médiocres	24,1	1853*	
Venezuela : vallée d'Arragua	38,5	2962*	Humboldt.
Id. climats tempérés	12,3	944*	Codazzi.

Les céréales, indépendamment de leur produit principal, les grains farineux, procurent encore à la culture une matière très-importante pour l'économie rurale ; c'est la paille, dont un établissement agricole européen ne saurait se passer sans de graves inconvénients. Après avoir été utilisée comme litière, comme aliment pour le bétail, elle retourne au sol, et contribue puissamment à atténuer l'épuisement que lui fait toujours éprouver la récolte du blé. La quantité de

(1) J'ai adopté 77 kil. pour le poids de l'hectolitre de froment. Les chiffres suivis d'un astérisque sont ceux indiqués par les auteurs. Les chiffres qui n'ont pas d'astérisque ont été transformés.

paille sur laquelle on peut compter dans une ferme est naturellement subordonnée à l'extension des soles de céréales : il est donc utile de connaître le rapport existant entre le poids des tiges et celui des grains. Ce rapport est assez variable, par la raison qu'il dépend de plusieurs circonstances. Ainsi, le froment récolté à la suite d'une année pluvieuse, contient peu de semences et beaucoup de tiges ; dans les années sèches, c'est le contraire qui arrive. Des semailles très-drues en donnent toujours beaucoup relativement au grain ; enfin le climat exerce sur les deux produits que nous considérons, l'influence la plus marquée. Les différences que l'on observe d'une année à l'autre, par l'effet de conditions météorologiques très-différentes, se réalisant dans une même localité, dans les mêmes terres, ne sont pas moins prononcées. J'en rapporterai un exemple : l'année 1840-41 et l'année 1841-42, ont donné à Bechelbronn des récoltes de céréales très-peu satisfaisantes. Durant la première, les pluies ont été trop fréquentes ; pendant la seconde, la sécheresse a été trop prolongée. Dans ces deux circonstances opposées, le poids de la paille à celui du grain a été :

En 1840-41 :: 100 : 24
En 1841-42 :: 100 : 90

Aussi cette dernière récolte a occasionné une disette de litière dans notre établissement. Dans les années ordinaires, nous obtenons environ 38 de froment pour 100 de paille, rapport peu différent de ceux indiqués par divers observateurs.

Pour 100 de paille :

Thaër admet........	50 de grain.
Podewils...........	35
Burger.............	41
Block..............	33
Dierexen...........	39
Schwertz...........	44

On moissonne le blé avant que la dessiccation de l'épi soit très-avancée ; car alors le grain, se détachant avec facilité, tombe pendant la coupe. On a recommandé de faire la moisson avant la parfaite maturité, quand la paille n'a pas encore entièrement perdu sa teinte verte, on laisse alors mûrir en javelle. Il y a sans doute moins de déperdition de grains pendant la moisson ; mais si le temps n'est pas favorable, on est exposé à voir se développer de la moisissure dans l'épi.

On coupe les céréales avec la faucille, la faux ou la sape. La faucille ébranle moins les tiges, il convient, pour cela même, de l'employer à scier les blés mûrs dont le grain se détache facilement. La faucille laisse ordinairement des chaumes d'un décimètre au moins. Le faucilleur couche sa gerbe sur des liens de paille de seigle disposés à cet effet ; avec cet instrument, un homme scie ordinairement 20 ares de blé dans sa journée, on compte un botteleur pour quatre faucilleurs. En travaillant à la faux, on coupe dans une journée une surface de 60 ares. A la sape, on estime que le même travail abat le blé contenu sur 40 ares.

Dans le voisinage de Strasbourg, on donne à la tâ-

che, 20 francs pour couper, botteler et charger la récolte d'un hectare de froment, et de plus, on nourrit les hommes (au nombre de 12) employés ordinairement pour exécuter ce travail. La nourriture d'un travailleur étant évaluée à 0 fr. 75 c., il en résulte que la dépense s'élève à 29 francs (1).

La séparation du grain de l'épi se fait par le battage au fléau, ou à l'aide de machines à battre. Dans les contrées méridionales, le dépiquage s'exécute en faisant trotter des chevaux sur les gerbes étalées à la surface du sol.

Un homme bat dans sa journée 80 gerbes de 8 kil. 50 pouvant rendre 250 litres de blé nettoyé. Avec une machine à battre, construite d'après les indications de M. Mathieu de Dombasle, on obtient 4 à 5 hectolitres de grain par heure, en faisant agir quatre chevaux qu'on doit relayer assez fréquemment. M. Jaubert de Passa dépique sur l'aire, 5200 gerbes, pesant chacune, en moyenne, $7^{\text{kil.}}5$, en employant le travail de 24 chevaux et celui de 15 hommes (2).

Le blé nettoyé par le crible et le ventilateur est emmagasiné. Les greniers où on le conserve doivent être parfaitement établis, carrelés ou planchéiés avec soin, les fenêtres grillagées afin que les animaux nuisibles ne puissent y pénétrer.

Dans les greniers, c'est surtout le charançon qui at-

(1) Renseignement communiqué par M. Oppermann.
(2) Jaubert de Passa, *Mémoires de la Société d'Agriculture.*

taque le blé, pour se nourrir de la matière farineuse; cet insecte se multiplie avec une effroyable rapidité. On a constaté, par exemple, que lorsque la température ne s'abaisse pas au-dessous de 11 degrés, il suffit de 12 paires de charançons dans un hectolitre de blé pour qu'il surgisse une population de 75,000 individus, dont chacun consomme, par année, 3 grains pour sa subsistance. Indépendamment de la perte éprouvée par ce qui est mangé, le blé restant s'altère par suite des moisissures et de la fermentation que font naître les grains avariés.

Le moyen le plus efficace d'éloigner les charançons consiste à mettre en mouvement, à remuer fréquemment la masse de blé à conserver; c'est dans ce but que de temps à autre on la déplace à la pelle; on a même proposé des greniers mobiles dans lesquels, en dépensant peu de forces, on met en mouvement des quantités considérables de blé, tout en favorisant la dessiccation. Ces appareils ingénieux se recommandent pour la conservation des grains accumulés dans les magasins destinés à assurer la subsistance des populations.

Suivant M. Payen, on doit considérer le grain de blé comme formé : 1° de l'épisperme ; 2° du périsperme, ou cellulose remplie de matières azotées et grasses; 3° d'une zone de cellules minces contenant du gluten et de l'amidon; 4° d'une zone de cellules dans lesquelles l'amidon est plus volumineux. Les trois premières zones forment, en grande partie, le son et les recoupes.

Le blé est sujet à plusieurs maladies occasionnées par l'envahissement de certaines plantes parasites : il est quelquefois noirci par de petites particules qui se fixent sur la tige, les feuilles et le grain; c'est ce qu'on nomme la *puccinie* des graminées; au microscope, on aperçoit de nombreuses plantules à pédicelle blanc terminé par une capsule oblongue.

La *rouille* (*uredo, rubigo vera*) se développe, à la surface des organes de la plante, à l'état de petites taches blanches recouvrant une poussière jaune extrêmement ténue, formée de capsules sphériques privées de pédoncules. L'air est certainement le véhicule qui transporte au loin les sporules de l'uredo. On attribue la rouille du blé aux brouillards secs, aux brumes, aux fortes rosées; la vérité est qu'on ignore encore les causes qui la déterminent.

Le *charbon* (*uredo carbo; nielle; ustilago*) est un champignon microscopique, de forme sphérique; il s'attache à la surface des grains et, d'abord incolore, il se remplit d'une poussière noire. Quelquefois le grain est seulement *moucheté;* on en obtient alors une farine de couleur bise; mais l'invasion de l'uredo peut être telle, que le périsperme du blé soit converti en une matière charbonneuse sans odeur.

La *carie* (*uredo caries; nielle*). Ce champignon ne s'observe pas à la surface du grain, il se développe dans l'intérieur qu'il remplit d'une substance noire et fétide.

Les globules de la carie sont beaucoup plus gros que ceux du charbon.

La mouture a pour objet de briser le périsperme et de réduire l'intérieur du grain en farine. Après que le blé a été parfaitement nettoyé, on le fait arriver entre des meules assez écartées pour que la substance ligneuse ne soit pas broyée ; c'est une espèce de décortication que l'on fait subir au grain ; et pour prévenir autant que possible la désagrégation du périsperme et des téguments, on prend la précaution d'humecter le blé quand il est trop sec. Le produit de cette première mouture est séparé par le blutoir, en farine blanche, en gruaux et en son volumineux. Les gruaux sont passés sous les meules plus rapprochées ; on obtient une seconde farine blanche, et des gruaux produisant encore une certaine quantité de farine et de nouveaux gruaux : enfin de ces derniers, on sépare de la farine bise, et des issues ou recoupes, formées en grande partie des parties ligneuses et dures qui avoisinent l'enveloppe des grains.

C'est ainsi qu'on procède à la préparation de la farine, dans presque toute la France. En Angleterre, on triture complétement le froment par une seule opération. Les meules sont rapprochées en conséquence, et comme elles doivent être animées d'une vitesse fort considérable, qu'il se développe par cette raison une assez forte chaleur, on fait passer le produit de la mouture par un réfrigérant, afin de prévenir les inconvénients qui pourraient résulter de l'accumulation de farines échauffées.

Les résultats comparés de ces deux moutures, obtenus avec 100 kil. de blé, ont été :

	MOUTURE anglaise.	MOUTURE française.
Farine propre au pain blanc...	58 } 72	66 } 74
Farine à pain bis............	14	8
Gros et petit son............	26	23
Déchet.....................	2	3
	100	100

La proportion de farine fournie par les céréales ne dépend pas seulement de la mouture, mais aussi de la nature du grain. Le blé rend :

Pour 100 kil.	78 de farine, suivant	Syrington,
	83	Lurzer,
	85 ½	Dombasle.

Une farine est blutée à 10, à 15 pour 100, quand par le blutage on a retiré de 100 kilogr. de grain moulu 10 à 15 kilogr. de son.

Pour la confection du pain destiné aux troupes, on emploie des farines blutées :

		Ration de pain pour un homme.
En France, à Paris, à................	15 p. 100	750 gr.
— dans d'autres places, à.....	10	»
En Algérie, blés durs, à..............	4	»
— blés tendres, à............	17 ½	»
En Belgique, blé pur, à...............	0	775
Sardaigne, blé pur, à................	6	735
Bavière, ⅙ froment, ⁴⁄₆ seigle, ⅙ orge à.	10	900
Prusse, seigle pur, à.................	0	1,000
Espagne, froment pur, à.............	10	670

L'hectolitre de farine blutée à 11 pour 100 pèse 105 kilogr.

Le son retiré du froment est loin d'être une sub-

stance privée de propriétés alimentaires. Son exclusion de la farine contribue peut-être plus à la beauté qu'à la qualité du pain. Une analyse de son de froment a donné :

Gluten et albumine.......	11,9
Amidon et dextrine.......	61,5
Matières grasses..........	5,5
Ligneux et cellulose.......	4,1
Substances minérales.....	3,0
Eau....................	14,0
	100,0

L'*épeautre* (*triticum spelta*) a le grain tellement enfermé dans ses écales, qu'on ne peut l'en dégager par le battage ; aussi dans les pays où l'on cultive cette espèce de froment, les moulins sont pourvus de meules à décaler. Schwertz s'est livré, dans le Wurtemberg, à des expériences multipliées pour déterminer le rendement de l'épeautre en farine. D'après ce praticien, on récolte en moyenne, par hectare, 48 hectolitres d'épeautre, l'hectolitre pesant 42$^{kil.}$,24. Au moulin, 100 kilogr. de cette céréale ont donné :

Grain...........	71,6
Écales..........	23,8
Déchet..........	4,6
	100,0

Le rapport de la paille au grain décalé est : : 100:57. Et de 100 kilogr. de grain, on a retiré :

Farine..........	90,0
Son............	8,7
Déchet..........	1,3
	100,0

Dans un litre de grand épeautre *décalé* il y a 30,000 grains; quand l'épeautre est *vêtu*, le litre n'en admet plus que 5,380. La semence est ordinairement faite avec des grains revêtus de leurs écales; on en emploie, pour un hectare, de 4 à 6 hectolitres. Avec la première dose, on met 2 grains par décimètre carré de terrain; avec la seconde dose, 3 grains pour la même surface. Le rendement de l'épeautre, semence non déduite, serait par hectare, d'après M. Varnbüller, 2,600 kilogr., résultat conforme à celui obtenu par Schwertz à Hohenheim.

La qualité de la farine est d'ailleurs assez variable, suivant le froment dont elle provient; elle renferme plus ou moins d'humidité, plus ou moins de gluten, enfin, des proportions diverses de la substance ligneuse, selon que cette substance se laisse triturer avec plus ou moins de facilité. Les blés d'origine méridionale sont plus durs, plus cornés que ceux du nord; ils paraissent plus riches en principes azotés; comme ils renferment moins d'humidité, ils se conservent mieux, et c'est, sans aucun doute, à la forte proportion d'eau que contiennent les froments de nos contrées, qu'il faut attribuer le peu de succès des essais qui ont été faits pour les emmagasiner dans des silos. Les froments nouveaux d'Alsace, par exemple, contiennent quelquefois de 16 à 20 pour 100 d'humidité; or, j'ai constaté par diverses expériences qu'il est à peu près impossible de les garder, sans qu'ils s'altèrent, dans des vases hermétiquement fermés. Pour que la conservation ait lieu, il faut ré-

duire la proportion d'eau contenue à 8 ou 10 pour 100, et c'est environ la quantité d'humidité trouvée dans les blés durs et cornés des pays chauds. Ainsi, dans mon opinion, on s'exposera toujours à des mécomptes si, dans les places de guerre, on met les approvisionnements de froment français en silos, quelque soin qu'on apporte d'ailleurs dans la construction.

La farine des céréales, particulièrement celle du froment, absorbe une grande quantité d'eau; elle forme alors une pâte d'autant plus liante et élastique, qu'elle contient une plus forte proportion de gluten ; nous avons, en effet, reconnu au principe azoté du blé, la propriété remarquable de s'étirer, de s'étendre comme une membrane, quand il est humide. Cette propriété, il la communique à la pâte que l'on prépare pour faire le pain, en y introduisant du levain ou de la levure de bière. Par l'action du levain, il se dégage du gaz acide carbonique qui fait gonfler la masse, retenu qu'il est par la consistance, pour ainsi dire membraneuse qu'elle présente. Lorsque la pâte est *levée*, on la cuit dans un four chauffé à 250° ou 300°. Par la cuisson, les bulles de gaz retenues dans son intérieur se dilatent : il se produit, en outre, de la vapeur aqueuse, la pâte se soulève encore et acquiert plus de légèreté. Quelle que soit d'ailleurs la température élevé du four, le pain, en raison de la grande quantité d'humidité qu'il retient, n'acquiert pas, au-dessous de la croûte, une chaleur sensiblement supérieure à 100°.

La farine, pour pouvoir être pétrie, absorbe environ 55 à 70 pour 100 d'eau. La quantité de pain qu'on obtient dépend nécessairement du degré de cuisson; mais en général, dans la fabrication du pain blanc de Paris, qui est bien cuit, on compte que 100 kilogr. de farine donnent 130 kilogr. de pain. Dans les campagnes, le pain est généralement moins cuit qu'à Paris : il retient plus d'eau. A Bechelbronn, on fait avec 100 kil. de farine, 140 kil. de pain. A Roville, M. Mathieu de Dombasle en obtenait 145 à 146 kil.

Dans les boulangeries militaires, 100 kil. de farine rendent 92 à 93 pains de munition, pesant chacun 1 kil.,5 : soit, en tout, 139 kil. Pour cuire cette quantité de pain, on brûle 35 kil. de bois sec.

D'après un très-grand nombre d'essais que j'ai eu l'occasion de faire sur les farines, je crois pouvoir admettre que celles provenant de blés récoltés en France contiennent 0,16 d'humidité. Avec cette donnée, on trouve que :

	Matière sèche.	Eau.
Sur 100, le pain blanc de Paris contient	64,6	35,4
le pain de Bechelbronn.......	57,1	42,9
le pain de Roville...........	56,0	45,0

Des analyses que j'ai entreprises pour rechercher si du pain bis-blanc, distribué à la classe indigente de Paris, en 1847, était aussi riche en principes azotés que le pain blanc, m'ont conduit aux résultats suivants :

	Pain blanc.	Pain bis-blanc.
Gluten, albumine........	7,0	6,5
Amidon, dextrine........	55,3	56,3
Matière grasse..........	0,2	0,2
Phosphates.............	1,0	1,0
Eau....................	36,5	36,0
	100,0	100,0

Ces résultats parlent d'eux-mêmes ; j'ajouterai que le pain de deuxième qualité préparé à Paris, et que les associations charitables ont eu quelque peine à faire accepter, est certainement supérieur en qualité à celui que nous consommons à la campagne.

Dans 100 parties de pain tendre des boulangeries de Paris, il y en a 83 de mie et 17 de croûte; le pain des manutentions militaires renferme, sur 100 parties, 80 de mie.

A poids égal, et pour la même quantité d'eau qui s'y trouve retenue, le pain est d'autant plus nutritif qu'il a été confectionné avec une farine plus riche en gluten; c'est donc commettre une fraude préjudiciable aux intérêts du consommateur, que d'y introduire de l'amidon. C'est cependant ce qui se pratique presque ouvertement quand la fécule de pommes de terre est à bas prix; la falsification commence souvent chez le meunier, et se continue ensuite chez le boulanger.

Ce n'est pas seulement avec la fécule de pommes de terre qu'on falsifie la farine de froment, la fraude y introduit encore, selon les circonstances, des farines de féverole, de haricot, de maïs, de sarrazin. Les légumineuses moulues, quand elles entrent dans la

farine pour une proportion supérieure à 5 pour 100, lui communiquent une saveur désagréable ; la pâte ainsi additionnée lève difficilement et produit un pain mat, lourd.

M. Donny, en mettant à profit quelques-unes des propriétés de l'amidon, a imaginé un procédé fort délicat pour reconnaître les falsifications de la farine de blé.

Falsification par la fécule de pommes de terre. On étend la farine sur le porte-objet d'un microscope. Une loupe montée, amplifiant de 20 à 25 fois suffit pour ce genre de recherches. On humecte la farine avec de l'eau contenant 2 pour 100 de potasse caustique. Les globules de l'amidon des blés n'éprouvent presque aucun changement, tandis que ceux de la fécule se gonflent considérablement d'abord, puis s'étalent en plaques minces, transparentes. On peut rendre le phénomène plus apparent encore, en colorant la matière au moyen d'une goutte de solution d'iode, puis séchant avec précaution. S'il s'agit de rechercher la fécule dans le pain, on écrase une particule de mie dans deux gouttes de la solution de potasse placées sur le porte-objet de la loupe montée : ensuite on colore par l'addition de la solution d'iode. On aperçoit, alors, si le pain est falsifié, les grains de fécule très-distendus et colorés en bleu.

Falsification par les farines de maïs ou de riz. On malaxe la pâte faite avec la farine suspectée, sous un filet d'eau, au-dessus d'un tamis, l'eau entraîne à travers le tissu du tamis, l'amidon qu'elle laisse bientôt

déposer dans un vase placé à cet effet. C'est cet amidon qu'on examine à la loupe. Si la farine de blé est falsifiée, on découvre, au milieu des globules d'amidon, des fragments anguleux, demi-translucides, que renferment toujours les farines de maïs et de riz, et qu'il est impossible de méconnaître, quand on les a observés une seule fois.

Falsification de la farine ou du pain de seigle par la farine de graine de lin. C'est une fraude assez fréquente en Belgique et dans le nord de la France. On délaye, sur le porte-objet, la farine avec quelques gouttes d'une solution de potasse contenant 14 pour 100 d'alcali. On découvre alors, avec une forte loupe, de petits corpuscules bien caractérisés, ayant une apparence vitreuse, de forme carrée ou rectangulaire, possédant le plus souvent une couleur rouge. Ces corps fragmentaires proviennent de l'enveloppe de la graine de lin ; on les aperçoit aisément dans la farine ou dans le pain de seigle, alors même que la graine de lin n'y entre pas pour plus d'un centième.

Falsification par les légumineuses. Après avoir tamisé la farine de blé dans laquelle on soupçonne de la farine de haricot, de pois, de fèves, on en met une petite quantité sur le porte-objet, puis on la mouille avec une solution de potasse contenant 10 à 12 pour 100 d'alcali. Les globules amylacés se désagrégent et disparaissent, et l'on voit, à la loupe, les débris, les lambeaux de tissu cellulaire qui accompagnent toujours la farine de légumineuses.

C'est par le lavage de la farine de froment réduite

en pâte qu'on se procure le gluten ; mais cette méthode ne permet pas un dosage exact ; il est impossible, en l'employant, de retenir tout le gluten, l'amidon en entraîne toujours une partie ; on perd d'ailleurs l'albumine végétale à cause de sa solubilité dans l'eau. En outre, la dessiccation du gluten est longue, délicate, et si l'on aspire à une certaine précision, on doit le séparer des matières grasses qu'il renferme. J'ai pensé qu'on arriverait plus sûrement et plus rapidement à la connaissance des principes azotés d'une farine en déterminant la proportion d'azote ; opération facile, donnant des résultats d'une grande exactitude, et n'exigeant certainement pas plus de temps que l'extraction du gluten et de l'albumine par les procédés ordinaires, si l'on y comprend la dessiccation toujours longue et incertaine de ces mêmes matières. D'ailleurs la détermination précise des principes azotés est, sans aucun doute, le point essentiel de l'analyse des grains ou de leur farine, par la raison que c'est surtout la proportion de ces principes qui fixe comparativement la valeur nutritive des farines.

Les substances azotées que nous avons signalées dans la farine du froment ont, à très-peu près, la même composition ; la proportion moyenne de l'azote y est de 0,16. Avec cette donnée, il est évident que si une farine, par exemple, renferme 0,04 d'azote, on peut en conclure que cet azote représente 0,25 de gluten, d'albumine, ou de caséine, desséchés.

C'est en dosant l'azote des farines d'un assez grand nombre de variétés de froment que j'ai essayé de dé-

terminer le gluten et l'albumine qui s'y trouvaient. Les blés examinés avaient été récoltés dans la même année au Jardin des Plantes, et cultivés par conséquent dans un même sol bien fumé et dans des conditions climatériques parfaitement identiques. Indépendamment des matières azotées, on a cherché à évaluer aussi exactement que possible les quantités respectives de son et de farine ; dans ce but on a broyé le froment dans un mortier d'agate, et l'on a séparé la farine à l'aide d'un tamis de soie. Le poids du son et de la farine réunis, a toujours été moindre que le poids du froment avant la porphyrisation. Cette perte est due à deux causes, ainsi que je m'en suis assuré : l'une, que l'on peut négliger dans ce genre de recherches, provient de ce que, pendant la porphyrisation, les matières commencent à se dessécher ; l'autre, de ce que la farine la plus subtile s'envole pendant le tamisage. Il est donc préférable, après avoir pesé le son, de doser la farine par différence. Dans l'exécution du travail dont je vais présenter les résultats, j'ai été habilement secondé par la coopération de M. Le Bel.

DÉSIGNATION DES BLÉS (1).	ASPECT des GRAINS.	DANS 100 DE BLÉ.		DANS 100 DE FARINE A L'ÉTAT NORMAL.		AMIDON, DEXTRINE, EAU, DANS 100 DE FARINE.	ASPECT DES FARINES.
		SON.	FARINE.	AZOTE.	GLUTEN ET ALBUMINE.		
Froment Barel, T. Spelta mutica	minces, petits.	21,9	78,1	3,3	20,6	79,4	grise, rude.
T. Monococon, petit épeautre	moyens.	20,8	79,2	3,4	21,2	78,8	douce.
Grand épeautre	très-grands.	26,9	73,1	3,1	19,4	80,6	très-rude.
Froment de la Mecque	cornes, longs.	32,0	68,0	3,3	20,6	79,3	jaune, rude.
Blé à barbes et balles violettes	petits, bruns.	13,2	86,8	3,1	19,4	80,6	très-rude.
Froment d'hiver, T. Hybernum	moyens.	38,5	61,5	2,9	18,1	81,9	douce, jaunâtre.
Blé Mouret	rougeâtre.	23,5	76,5	3,2	20,0	80,0	rude.
Froment de Revel	jaunes.	14,0	86,0	2,5	15,6	84,4	très-blanche, douce.
Blé rouge d'Égypte	petits, durs.	15,0	85,0	2,9	18,1	81,9	grosse, jaune.
Blé gros fusquet, à quatre rangs	durs.	15,0	85,0	2,8	17,5	82,5	rude.
Froment rouge du Roussillon	rougeâtres.	16,0	84,0	3,3	20,6	79,4	blanche, douce.
Froment Marcel large	gros.	21,5	78,5	2,5	15,6	84,4	jaune, douce.
Froment de Dantzick	tendres.	24,0	76,0	3,1	19,4	80,6	blanche, douce.
Froment du Nord	assez durs.	20,5	79,5	3,0	18,7	81,2	jaunâtre.
Froment fin rouge Foix	tendres.	18,5	81,5	3,1	19,4	80,6	blanche, douce.
Froment de Smyrne	blancs, durs.	19,0	81,0	2,7	16,9	83,1	blanche, rude.
Blé du Naypour (Bengale)	blancs, durs.	21,5	78,5	2,5	15,6	84,4	blanche, douce.
Froment de Tangarock	petits.	23,5	76,5	3,3	20,6	79,4	blanche, douce.
Blé corné d'Afrique	gris, durs.	24,5	75,5	2,5	15,6	84,4	jaune, rude.
Blé du Cap	gros, jaunes.	19,0	81,0	2,4	15,0	85,0	blanche, douce.
Froment de Russie	rugueux.	18,0	82,0	3,0	18,7	81,3	jaune, douce.
Blé carré de Sicile	petits, rouges.	19,5	80,5	3,3	20,6	79,4	jaune, rude.
Froment géant de Sainte-Hélène	durs, très-gros.	25,0	75,0	2,8	17,5	82,5	jaune, rude.
Froment de Subernac (Pyrenées)	durs.	20,5	79,5	2,5	15,6	84,4	blanche, douce.

(1) Dans le tableau de la 1re édition de cet ouvrage, l'azote se rapportait à de la farine desséchée; et pour calculer le gluten et l'albumine on avait supposé qu'il entrait dans ces principes 0,16 d'azote. Dans le tableau ci-dessus, l'azote se rapporte à de la farine non desséchée, et on a pris 16 pour l'azote contenu dans 100 de gluten.

La quantité de gluten et d'albumine contenue dans ces farines est beaucoup plus forte que celle qui est généralement indiquée ; j'ai donné des raisons qui expliquent jusqu'à un certain point cette plus forte proportion de matière azotée. Je dois ajouter maintenant que tous les blés dont les farines ont été soumises à l'analyse, avaient été cultivés dans un sol très-riche, circonstance qui, comme l'a démontré Hermbstaëdt, exerce l'influence la plus directe sur l'augmentation du gluten dans le blé.

On savait déjà, par les expériences de Tessier, que la proportion du gluten dans une même espèce de froment varie considérablement, suivant la nature et la quantité du fumier donné à la terre. Mais c'est à Hermbstaëdt que sont dues des observations comparatives, sur l'action des excréments de divers animaux dans la culture des céréales.

Les excréments employés dans les recherches de cet habile agronome avaient toujours été desséchés à l'air, à la température de 12,5°. On fumait des surfaces égales du même terrain ensemencées en blé d'automne, avec des poids égaux de fumier desséché. 100 parties de la farine du grain récolté contenaient :

	Gluten.	Amidon.	Son et matière soluble, humidité.
Dans la zone fumée par : l'urine d'homme	35,1	39,3	25,6
le sang de bœuf..........	34,2	41,3	25,5
les excréments d'homme..	33,1	41,4	25,5
de mouton.	22,9	42,8	34,3
de chèvre..	32,9	42,4	24,7
de cheval..	13,7	61,6	24,7

Dans la zone fumée par excr. de pigeon..	12,2	63,2	24,6
de vache...	12,0	62,3	25,7
Sol non fumé.......................	9,2	66,7	24,1

On voit ainsi, qu'en général, car l'exception ne porte que sur la fiente de pigeon et de cheval, les blés fumés avec les matières les plus azotées ont donné la plus forte dose de gluten.

J'ajouterai, comme confirmant ces résultats l'observation que j'ai recueillie en cultivant simultanément une même variété de froment, en plein champ, et dans une terre de jardin très-fortement fumée. Les grains récoltés ont ensuite été analysés, après avoir été desséchés à 110° (1).

	FROMENT RÉCOLTÉ EN 1836 DANS :	
	la culture ordinaire.	le jardin.
Carbone.........	46,10	45,51
Hydrogène.......	5,80	5,67
Oxygène.........	43,40	43,00
Azote...........	2,29	3,51
Cendres.........	2,41	2,31
	100,00	100,00

Il y avait dans le froment :

De la culture, gluten et albumine, pour 100,		14,31
Du jardin,	id.	21,94

Davy admettait que les blés des pays chauds sont plus riches en principes azotés que ceux des climats tempérés; mais il faut remarquer que les contrées

(1) Boussingault, *Annales de Chimie et de Physique*, t. I, p. 225, 3e série.

méridionales produisent généralement des grains durs et cornés, dont les farines contiennent plus de gluten que les blés tendres. On a trouvé, en effet :

Dans un blé dur d'Afrique...	3,00 d'azote; gluten	18,7
Dans un blé des régions chaudes de Venezuela........	3,50 —	21,9

Cependant, les observations rapportées plus haut signalent des froments récoltés en Europe, tout aussi riches en principes azotés, et elles établissent d'une manière trop décisive l'influence du sol sur la nature du grain, pour que l'opinion de Davy puisse être admise sans aucune restriction ; car la forte proportion de gluten trouvée dans les froments d'Afrique et de Venezuela pourrait dépendre tout autant de la fertilité du sol, que de la température élevée du climat.

M. Péligot a examiné quatorze variétés de blé; on remarquera que le sucre, auquel on faisait jouer un certain rôle dans la fermentation panaire, ne figure pas au nombre des principes constituants des graines de froment.

TABLEAU.

COMPOSITION DE DIVERS BLÉS, D'APRÈS M. E. PELIGOT (1).

	GLUTEN et ALBUMINE	MATIÈRES grasses.	AMIDON.	DEXTRINE	CELLULOSE	SELS.	EAU.	OBSERVATIONS.
Blé blanc de Flandre......	10,7	1,0	61,0	9,2	1,8	1,7*	14,6	Dauphiné, année 1841.
Blé Hardy-White..........	12,5	1,1	59,1	10,5	1,5	1,7*	13,6	Verrières, — 1843.
Blé touselle blanche de Prov.	9,9	1,3	62,7	8,1	1,7*	1,7*	14,6	Blé tendre, — 1842.
Blé Polish Odessa.........	14,3	1,5	59,6	6,3	1,7*	1,4	15,2	Blé mêlé, Pologne-Russe.
Blé hérisson.............	11,7	1,2	63,7	6,8	1,7*	1,7*	13,2	Blé de mars, année 1842.
Blé Poulard roux.........	10,6	1,0	63,3	7,8	1,7*	1,7*	13,9	Loire-Inférieure, année 1840.
Blé Poulard bleu conique..	15,6	1,0	59,9	7,2	1,5	1,9	14,4	Verrières, année 1844.
Id................	18,1	1,2	58,0	5,9	1,7*	1,9	13,2	Verrières, 1846, ann. sèche.
Blé miladin du Midi.......	16,0	1,1	59,8	6,4	1,4	1,7	13,6	Avignon.
Blé de Pologne...........	21,5	1,5	53,4	6,8	1,7*	1,9	13,2	Très-dur, Verrières, 1844.
Blé de Banat..............	13,4	1,1	62,2	5,4	1,7*	1,7*	14,5	Hongrie.
Blé d'Egypte.............	20,6	1,1	55,4	6,0	1,7*	1,7*	13,5	Dur, grains petits et rouges.
Blé d'Espagne............	10,7	1,8	61,9	7,3	1,7*	1,4	15,2	Mélange de blé dur et tendre.
Blé de Tangarock........	13,6	1,9	57,9	7,9	2,3	1,6	14,8	Très dur.

(1) Manuscrit. — Les chiffres suivis d'un astérisque, qui expriment les proportions de cellulose et de sels, n'ont pas été obtenus directement; on a pris, pour les établir, les moyennes des déterminations faites sur les autres variétés de blés.

En moyenne la composition du blé peut être représentée ainsi :

Gluten...........	12,8	Matières azotées.. 14,6
Albumine........	1,8	
Amidon..........	59,7	
Dextrine.........	7,2	
Matières grasses...	1,2	
Cellulose.........	1,7	
Sels minéraux....	1,6	
Eau.............	14,0	
	100,0	

Seigle (*secale cereale*) .Le seigle entre très-souvent dans l'alimentation de l'homme, particulièrement dans le nord de l'Europe ; il réussit dans les sols sablonneux qui se refusent à produire du blé. Dans la culture, cette céréale occupe la place du froment ; elle exige d'ailleurs les mêmes façons, et occupe le sol à peu près pendant le même temps. L'hectolitre de seigle pèse en moyenne 75 kil. (1). On en sème environ deux hectolitres par hectare. On récolte, déduction faite de la semence :

TABLEAU.

(1) Schwertz donne 72 kil.; à une autre source, je trouve 78 kil. A Bechelbronn, en 1842, j'ai obtenu 75k.,60. La pesée a été faite l'hiver, quelques mois après la récolte : cette même année, notre froment a pesé 80 kil. l'hectolitre.

LOCALITÉS.	PRODUIT PAR HECTARE. En volume.	PRODUIT PAR HECTARE. En poids.	AUTORITÉS.
	hectol.	kilogr.	
Brabant............	20,4	1530	Schwertz.
Flandre............	28,3	2122	Schwertz.
Marche............	9,6	720	Podewils.
Id..............	11,0	825	Thaër.
Id..............	15,6	1170	Podewils.
Altembourg........	20,2	1515	Schmalz, Schwertz.
Wurtemberg........	19,5	1462	Schwertz.
Autriche..........	18,1	1358	Burger, Lurzer.
Palatinat..........	28,2	2115	Moëllinger.
Angleterre.........	19,9	1493	Arthur Young.
France (Meuse)	17,4	1305	Schwertz.
Alsace (Bechelbronn).	20,5	1538	Le Bel et Boussingault.
Trappes (Seine).....	»	»	Dailly.
Finistère, Nord......	17,2	1280	Statistique officielle.
Seine-et-Oise, H.-Alp.	15,7	1178	Statistique officielle.

Dans un litre de seigle, dit de la Saint-Jean, j'ai compté 41,667 grains; en semant à raison de 200 litres par hectare, on place 8 grains par surface d'un décimètre carré; c'est une semaille bien plus serrée que celle du froment. Le seigle talle moins que le blé, et comme on le cultive assez souvent pour se procurer les liens nécessaires au bottelage des céréales, on est porté à semer dru, afin d'obtenir des pailles plus longues.

Les agriculteurs allemands établissent que 100 : 40 exprime le rapport du poids de la paille au poids du seigle. Thaër adopte 100 : 50; Block, 100 : 33. Ce rapport est des plus variables ; en voici un exemple :

	Paille.	Grain.
A Bechelbronn, en 1840-41, nous avons eu	100	63
1841-42		25

D'après	Bürger.......	52
	Schwertz.....	31
	Moëllinger....	56

Le seigle donne une farine moins blanche, moins fine que celle du froment. Cela tient à ce que l'enveloppe ligneuse du grain se broie en grande partie par les remoulages successifs. Aussi, pour obtenir un produit de bonne apparence, il ne faut retirer du seigle que 50 à 65 de farine. La pâte faite avec cette farine a peu de liant. Les expériences de M. de Dombasle montrent que la farine de fleur de seigle rend autant de pain que celle qui provient du froment : 100 kil. de cette farine ont fourni 145 kil. de pain.

Le pain de seigle reste plus longtemps frais que le pain de froment. A l'état ordinaire cette céréale contient :

Son............	24
Farine bise......	76

Du seigle récolté à Bechelbronn renfermait :

Gluten et albumine..............	9,0
Amidon et dextrine..............	67,5
Matières grasses.................	2,0
Ligneux, cellulose...............	3,0
Substances minérales............	1,9
Eau............................	16,6
	100,0

Comme le froment, le seigle est sujet à diverses maladies ; la plus fréquente est l'ergot, cryptogame apparaissant sous la forme d'une excroissance cornue,

ayant une certaine ressemblance avec l'ergot du coq. Le seigle ergoté doit être séparé par le criblage du bon grain destiné à la mouture; autrement, le pain préparé avec de la farine infectée peut donner lieu à des accidents assez graves.

Orge. On en connaît plusieurs variétés; mais la plus communément cultivée en Europe est l'orge à six rangs (*hordeum vulgare*) : on la sème au printemps.

L'orge d'hiver ou escourgeon (*hordeum hexastichum*), que nous avons récoltée en 1847, pesait 62 kilog.,5 l'hectolitre. Ce poids varie de 60 à 65 kilogram.; en semant 245 litres de semence sur un hectare, on a rentré :

Orge...............	27,09 hect.
Paille..............	2162 kilog.

L'escourgeon contiendrait, d'après une pesée que j'ai faite, 14,775 grains dans un litre; avec la dose de semence employée, on trouve qu'il y a eu 4 grains d'orge par décimètre carré de terrain ensemencé.

Cette orge a donné par la mouture opérée au mortier :

Farine..................	76,05
Son.....................	23,95
	100,00

Pour sa composition on a :

Gluten et albumine	13,4
Amidon et dextrine	63,7
Matières grasses	2,8
Ligneux et cellulose	2,6
Substances minérales	4,5
Eau	13,0
	100,0

Orge (*hordeum vulgare*). On en obtient en moyenne, dans les cultures ordinaires, 28 hectolitres par hectare, semences déduites; 1,764 kil., si l'on adopte 63 kil. pour le poids de l'hectolitre. Le rapport moyen du poids de la paille à celui du grain, déduit de données d'ailleurs très-variables, serait, selon Schwertz : : 100 : 50.

Avoine (*Avena sativa*). On évalue le rendement moyen de l'hectare en terres ordinaires à 38 hectolitres du poids de 45 à 47 kil. Schwertz exprime le rapport de la paille au grain, par 100 : 60.

De l'avoine récoltée en 1841-1842 a rendu pour 100 :

Farine	78
Son	22

Je trouve pour sa composition, par une nouvelle analyse :

Gluten et albumine	11,9
Amidon et dextrine	61,5
Matières grasses	5,5
Ligneux et cellulose	4,1
Substances minérales	3,0
Eau	14,0
	100,0

Nous semons ordinairement trois hectolitres à

l'hectare; 100 grains d'avoine pèsent 3,25 gram. ; en prenant pour le litre, le poids de 450 grammes, il contiendra 13,846 grains; on sème par conséquent 4 grains par décimètre carré de terrain.

J'ai recherché s'il y aurait avantage à semer plus dru. Sur une pièce fumée avec du tourteau de colza, à raison de 500 kil. par hectare, on a mis 4 hectolitres de semence ; on a récolté :

Avoine................	45,27 hectol.
Paille..................	3176 kilog.
Balles et menue paille....	680 —
Déchet.................	202 —

En semant 3,5 hectol., on a obtenu 33,57 hectol. d'avoine.

Ainsi, le rendement en grain comparé à l'unité de semence est resté le même, environ dix fois le grain semé. Mais en rapportant à l'unité de surface, on voit que, sur un hectare, la semaille la plus drue a donné un excès de produit de 11,7 hectol.

Maïs (*zea maïs*). Le maïs est le véritable blé des Américains. On s'accorde aujourd'hui pour reconnaître que cette plante est originaire du nouveau monde, et il est hors de doute qu'elle a été introduite en Espagne bien avant les pommes de terre. En effet, Oviedo, dans un ouvrage imprimé en 1525, rapporte qu'il l'a vu cultiver en Andalousie et dans les environs de Madrid.

Lors de la découverte de l'Amérique, les Européens trouvèrent établie partout la culture du maïs, depuis l'extrémité la plus méridionale du Chili, jus-

qu'en Pensylvanie (1); et dans le voisinage de l'équateur, depuis le niveau de la mer jusque sur les plateaux des Andes. Garcilasso décrit même avec détail la culture de cette plante chez les Incas, l'engrais donné au sol pour en assurer la récolte. Au Cusco les Indiens fumaient la terre avec des excréments desséchés et pulvérulents; sur les côtes, ils employaient tantôt le guano, tantôt, comme dans les terrains poudreux et peu fertiles d'Atica, d'Atiquiba, de Chillca, des débris de poissons (2).

L'usage du maïs est très-répandu en Amérique : on en fait des galettes qui remplacent le pain ; par la fermentation, on en prépare une liqueur vineuse, la *chicha*. Avant la conquête, les Mexicains fabriquaient un sirop avec le jus exprimé des tiges. En décrivant à Charles-Quint toutes les denrées que l'on rencontrait sur le marché de Tlatclolco, Cortès dit : « On y « vend du miel d'abeilles, de la cire et du miel de « tiges de maïs ! » Le maïs réduit en farine sert à faire des bouillies (*masamora*), et lorsqu'il est en épis et proche de sa maturité, on le mange cuit dans l'eau ou rôti. Dans les Cordillières tropicales, on voit la culture avantageuse de cette plante se maintenir depuis le niveau de l'Océan jusqu'à la hauteur de 2,800 mètres, c'est dire qu'elle prospère sous l'influence d'une température constante qui varie entre

(1) Humboldt, *Essai politique sur la Nouvelle-Espagne*, t. II, p. 408.

(2) Garcilasso, *Commentarios reales*, t. I, p. 134.

27,5° et 14° : cette circonstance explique comment elle a pu s'introduire aussi généralement en Europe.

Le maïs réussit dans tous les terrains, quand ils sont convenablement fumés : j'en ai vu des cultures admirables dans des sols sablonneux et dans les terres les plus argileuses. Les façons qui lui conviennent sont celles que reçoivent les autres céréales ; le climat seul doit décider sur l'opportunité de son introduction dans une localité, car il lui faut une chaleur suffisante et surtout l'absence d'une température trop froide, fût-elle de courte durée. C'est pour ces motifs que dans l'est de l'Europe on sème le maïs au printemps, lorsque les gelées ne sont plus à redouter. Il y aurait un avantage réel à faire des semences tardives, si par ce retard on ne s'exposait à un inconvénient grave, celui des gelées d'automne, lors de l'époque de la maturité. La susceptibilité du maïs, relativement au climat, me paraît tout à fait analogue à celle de la vigne ; et je doute qu'il soit prudent de le cultiver sur une grande échelle, dans les endroits où le raisin ne réussit pas ordinairement.

Les semailles se font au plantoir ou à la main, en suivant le sillon ouvert par la charrue ; on sème aussi au semoir.

La semence doit être placée à 3 ou 4 centimètres de profondeur ; c'est ce qu'établissent les expériences de Bürger. Cet agronome a constaté que les grains enterrés à :

2,7	centimètres,	lèvent le	8e	jour.
4,0	—	—	9e	—
5,4	—	—	10e	—
6,7	—	—	11e	—
8,0	—	—	12e	—
9,3	—	—	13e	—
11,0	—	—	14e	—

C'est une plante qui demande à être semée en lignes, et ce n'est que dans les pays déjà très-chauds que l'alignement est moins nécessaire. En Alsace, les plants sont espacés à environ 80 centimètres, et les grains sont déposés à 30 centimètres l'un de l'autre, au nombre de 2 ou 3 dans le même poquet. L'espace considérable laissé entre les plants semble autoriser la coutume fort générale d'intercaler une culture dans les champs de maïs. On y fait venir le plus communément des haricots nains, des pommes de terre. J'ai observé cette même coutume dans les vallées très-tempérées des Andes, là où il est presque aussi nécessaire qu'en Europe d'espacer les tiges, pour leur donner de l'air et du soleil; mais la plante est cultivée seule dans les régions chaudes. Aussitôt après que le maïs est hors de terre, on donne un premier binage, puis un second, quand il a acquis une certaine hauteur. En Alsace, on butte vers la fin de juin; c'est une opération que je n'ai jamais vu exécuter entre les tropiques, où les soins accordés à la plantation consistent uniquement à arracher les mauvaises herbes. En Europe, on enlève les jets qui surgissent près de la tige principale; cette précaution est encore inutile dans les régions équatoriales; quand

le sol est doué d'une grande fertilité, on a pour ainsi dire, un intérêt à conserver ces tiges latérales qui se chargent d'épis très-fournis. J'en dirai autant de l'*écimage*, par lequel on retranche entièrement l'extrémité de la tige qui porte les fleurs mâles, quand on juge la fécondation accomplie. Les feuilles, les têtes de tiges, que procurent ces opérations, forment d'ailleurs un fourrage qui n'est pas à dédaigner. Bürger l'évalue pour un hectare à 1,200 kilog. de foin fané.

La quantité de semence répandue sur le sol dépend naturellement de la distance à laquelle on espace les plants. Elle varie de 30 à 60 litres par hectare.

La durée de la culture du maïs est subordonnée à la température moyenne du climat. Dans les contrées les plus chaudes des tropiques, la maturité du grain s'effectue en moins de trois mois, et je pourrais citer des Haciendas, où l'on fait quatre récoltes considérables dans une année. Sur le plateau tempéré de Bogotà, la plante mûrit en six mois. En Alsace, il faut à peu près le même espace de temps ; à Bechelbronn, du maïs semé le 1er juin 1836 a été récolté le 1er octobre. On dessèche les épis de maïs, soit en les étendant, après les avoir dépouillés de leur enveloppe, sur l'aire d'un grenier bien ventilé, soit en les suspendant, réunis en gerbes, sous des hangars ou sous les auvents des habitations. Dans les pays chauds, cette dessiccation s'effectue par un ou deux jours d'exposition au soleil : les épis sont alors emmagasi-

nés. On égrène à la main dans les petites fermes, et au fléau dans les grandes exploitations. En Amérique, cette opération ne se fait qu'au moment du besoin, parce qu'on prétend que le grain est moins sujet à être attaqué par les insectes quand il est conservé en épis. On accoutume d'ailleurs les animaux nourris au maïs à l'égrener eux-mêmes, et c'est une main-d'œuvre d'épargnée.

Le produit du sol en maïs est établi ainsi par divers agronomes :

LOCALITÉS.	PRODUIT PAR HECTARE.		AUTORITÉS.
	En volume.	En poids.	
	hectol.	kilogr.	
Lavanthale	71	5254 (1)	Bürger.
Carinthie	48	3552	Bürger.
Autriche et Moravie	21	1554	Bürger.
Hongrie et Croatie	37	2738	Bürger.
Toscane	58	4292	Simonde.
France, climat de Paris	26	1924	Andrieu.
Alsace	38	2812	Schwertz.
Venezuela (Amérique)	129	9546	Codazzi.

(1) Le poids de l'hectolitre diffère selon les variétés de maïs. Bürger adopte 78 kilog. pour le maïs d'été. J'ai trouvé 73 kilog. pour le maïs d'automne récolté en Alsace. Le maïs quarantain, à petits grains, pèse 75 kilog.; le maïs nain, à épis très-courts, 78 kilog.; l'hectolitre du maïs de Pensylvanie, à grains aplatis, jaune pâle, pèse 75 kilog. On donne le même poids pour le maïs blanc, variété tardive ayant beaucoup d'analogie avec le maïs d'automne. Le maïs récolté en Bourgogne et qu'on rencontre sur le marché de Paris pèse 68 kilog. l'hectolitre. J'ai adopté 74 kilog. pour établir les chiffres compris dans la deuxième colonne du tableau ci-dessus. La semence n'est pas déduite dans les produits indiqués.

L'espace laissé entre les plants de maïs, les cultures intercalées, souvent fort productives, établies dans cet espace, laissent une assez grande incertitude sur le produit fourni par une surface déterminée de terrain. Les plus belles récoltes s'obtiennent certainement en Amérique, sur les défrichements. Je ne crains pas d'exagérer, en disant que dans cette circonstance, le planteur retire 600 à 700 fois le grain semé, et cependant la récolte, si on la considérait sous le rapport de la surface ensemencée, n'aurait plus rien d'extraordinaire. Cette culture faite sur les défrichements des forêts vierges, à laquelle j'ai si souvent assisté, mérite de fixer un moment notre attention.

Le planteur choisit, pour abattre les arbres et couper les broussailles, la fin de la saison pluvieuse. Les bois restent là où ils sont tombés. Quand ils sont suffisamment secs, que les feuilles sont flétries, on y met le feu. L'incendie se propage et dure pendant des semaines entières; les branches sont entièrement consumées, il ne reste que les troncs charbonnés des plus grands arbres. A l'époque où l'on prévoit le retour des pluies, un homme armé d'un bâton terminé en pointe, parcourt la surface incendiée pour y creuser de distance en distance des trous peu profonds, dans lesquels il jette deux ou trois grains de maïs, qu'il recouvre de terre ou plutôt de cendres, en faisant un léger mouvement du pied. Cette singulière semaille terminée, le planteur ne s'occupe plus de rien, son habitation est quelquefois située à une si

grande distance du défrichement, qu'il ne revient qu'aux approches de la récolte. La pluie et le climat font tout le travail ; il est inutile de sarcler, l'incendie a détruit toutes les plantes qui appartenaient au sol, il ne pousse rien autre chose que le grain ensemencé. On voit dans ces plantations, qui se font ordinairement dans les climats chauds, des tiges de maïs de 3 à 4 mètres de hauteur. Il est rare que l'on fasse plus de trois récoltes consécutives sur ce terrain brûlé : les derniers produits, bien que fort supérieurs encore à tout ce que peut donner une culture régulière et soignée, ne sont plus à comparer à ce qu'ils étaient dans le principe. Comme la forêt ne manque pas, il est préférable de commencer un nouveau défrichement.

En prenant comme unité la semence, on trouve, d'après les renseignements que nous possédons aujourd'hui, que 1 grain rend :

Mexique, récolte ordinaire........	150,	suivant Humboldt.
En dehors des tropiques, Nouvelle-Californie....................	80	Id.
Venezuela, culture ordinaire......	238	Codazzi.
Alsace, culture très-espacée......	190	Schwertz.

Selon Bürger, un hectare produisant 48 quintaux de grain, donne en outre :

Paille..................	57 quintaux.
Enveloppe des épis......	7
Épis dépiqués ou rafles...	13

Du maïs récolté à Haguenau a donné à l'analyse :

Albumine	12,8
Huile	7,0
Amidon	59,0
Dextrine et sucre	1,5
Ligneux et cellulose	1,5
Sels	1,1
Eau	17,1
	100,0

Riz (*oryza sativa*). C'est le riz commun, à épi barbu, au grain allongé, d'un blanc parfait après la décortication ; on le cultive généralement en Piémont. Le riz sans barbe (*oryza denudata*), dont le grain est grisâtre, est plus précoce que la variété précédente.

Dans certaines contrées, le riz est la base de l'alimentation de l'homme. Ce n'est pas que cette céréale soit aussi alimentaire que le soutiennent certains auteurs : on a dit, par exemple, que le riz est l'unique nourriture des naturels des Indes orientales; il n'en serait pas tout à fait ainsi, d'après les observations d'un médecin très-éclairé qui, durant une résidence à Pondichéry, a fait une étude particulière des mœurs et des habitudes des Indous. Voici ce que rapporte M. Lequerri sur leur régime alimentaire :

« La nourriture est presque entièrement végétale, « le riz en fait la base; les castes inférieures seules « mangent de la viande ; toutes mangent du *kari*.... « Le *kari*, composé de viande, de poisson ou de lé- « gumes, se mêle à du riz cuit avec très-peu d'eau. Il « faut avoir vu les Indiens manger pour se faire une « idée de l'énorme quantité de riz qu'ils engloutis- « sent dans leur estomac. Il serait impossible aux

« Européens d'en manger autant à la fois; aussi trou-
« vent-ils que le riz ne les nourrit pas, et conservent-
« ils, généralement, l'usage du pain.»

J'ai trouvé dans le riz du Piémont :

Amidon et dextrine	76,0
Gluten, albumine	7,5
Huile grasse	0,5
Ligneux et cellulose	0,9
Substances minérales	0,5
Eau	14,6
	100,0

Le riz est une plante aquatique qu'on cultive dans les terrains bas, humides et faciles à inonder. On donne un labour peu profond, on divise ensuite le sol en planches carrées, de 15 à 20 mètres de côté, séparées par des bordures, des espèces de digues faites en terre, qui peuvent avoir 6 décimètres de hauteur, avec une largeur suffisante pour qu'un homme puisse les parcourir. Ces digues ont pour objet de retenir l'eau quand elle est nécessaire, et de permettre son écoulement quand l'inondation ne doit plus se prolonger. La terre labourée, on fait arriver l'eau que l'on maintient à une certaine hauteur dans les divers compartiments de la rizière, et l'on procède aux semailles. Le riz destiné à ensemencer doit avoir été conservé dans sa balle; on commence par l'enfermer dans un sac que l'on tient plongé dans l'eau, jusqu'à ce que le grain soit gonflé et qu'il montre des indices de germination. Un semeur, en marchant dans la rizière inondée, jette la semence comme s'il s'agissait de semer du froment; le riz, imbibé d'eau, s'enfonce

et tombe sur le sol, il entre même à une certaine profondeur dans la vase. En Piémont, où les semailles se font au commencement d'avril, on emploie à peu près 60 kil. de semence par hectare. Le riz commence à pointer au bout de quinze jours; à mesure que la plante croît en hauteur, on augmente l'eau, de manière à ce que la tige ne puisse pas se courber. A la mi-juin, cet inconvénient n'est déjà plus à craindre, le riz n'est plus aussi flexible, et l'on retire l'eau pendant quelques jours, afin de sarcler. Ensuite on rend l'eau que l'on maintient jusqu'à la hauteur de la plante. En juillet, on est dans l'usage d'écimer les tiges; cette opération rend la floraison presque simultanée. Le plus ordinairement le riz fleurit dans les premiers jours du mois d'août, et quinze jours plus tard le grain commence à se former. C'est surtout à cette époque qu'il faut soutenir les tiges, en maintenant l'eau à environ la moitié de leur hauteur. On vide la rizière quand la paille jaunit et que le riz est bien apparent. La récolte a généralement lieu à la fin de septembre (1); on coupe à la faucille, on forme des gerbes sur le terrain; le dépiquage du grain se fait avec des chevaux. Dans le midi de l'Europe les rizières sont fumées tous les trois ans avec 78 à 80 quintaux de fumier de ferme.

A l'Ile de France, la culture a lieu dans des terrains très-humides sans être inondés (2). C'est dans

(1) De Gouffier, *Mémoires de la Société d'Agriculture*, année 1789, printemps.

(2) Céré, *id.*, année 1786, été.

de semblables conditions, qu'on se procure le riz dans certaines contrées tropicales que j'ai visitées; mais je ne pense pas que le produit soit aussi élevé ni surtout aussi certain que celui que l'on retire des rizières immergées. En Piémont, on estime qu'un hectare rend en moyenne 3,000 kil. de *rizon*, riz enveloppé de sa balle, ou 1,500 kil. de riz blanc et commercial; c'est à peu près 50 pour 1 de semaille. A Muzo, dans la Nueva Granada, les rizières non inondées, sous l'influence d'une température moyenne de 26°, produisent 100 pour 1.

Le *sarrazin* ou blé noir est, en Bretagne, l'objet d'une culture très-étendue. On le sème vers la mi-juin pour le récolter à la fin d'août. Dans plusieurs contrées ce grain est d'une grande ressource; d'abord on le cultive dans des terres, pauvres et ensuite il vient encore après les récoltes hâtives des autres céréales, particulièrement de l'orge; on le fait aussi consommer en vert.

L'hectolitre de sarrazin pèse de 55 à 60 kilogrammes. Le rendement brut par hectare varie considérablement, suivant le climat, le sol et les soins apportés à la culture. En Flandre, par exemple, on obtient jusqu'à 50 hectolitres; tandis qu'en Bretagne, la moyenne est de 15 hectolitres. On sème généralement 100 litres par hectare; le litre renfermant 33,000 graines, la semaille est faite à raison de 3 à 4 de ces graines par décimètre carré. Bürger adopte, pour le rapport du poids du grain à celui de la paille : : 100 : 72.

Le *millet*, le *sorgho* (*olcus sorghum*) entrent assez fréquemment dans la grande culture. Par hectare, on sème 32 litres de millet. La récolte produit ordinairement 38 hectolitres de grains non décortiqués. L'hectolitre pesant 70 kilogr. rend 42 kilogr. de graine nette. Dans une récolte de millet, le grain est à la paille : : 100 : 200.

Le *sorgho* porte une graine qui est en quelque sorte la base de la nourriture des Africains. Cette plante réussit dans les climats où vient le maïs ; ses panicules débarrassées des graines servent à faire des balais. Dans les alluvions du Rhône, on retire d'un hectare, 51 hectolitres de sorgho, pesant 2,000 kilogr. et environ 4,000 kilogr. de balais. On met 2 hectoitres, soit 88 kilogr. de semence.

Café (*coffea arabica*). L'usage de l'infusion de café paraît avoir été introduit en Europe au milieu du seizième siècle. Les premiers établissements publics pour la vente de cette liqueur s'ouvrirent à Constantinople l'année 1554 (1). Pendant assez longtemps l'usage en resta confiné en Orient ; mais peu à peu il devint universel, et tel a été l'accroissement rapide de la consommation du café, qu'aujourd'hui, en Europe, elle dépasse chaque année 300 millions de kilogr., dont la plus grande partie vient de l'Amérique, et cependant il n'y a guère plus d'un siècle que la plante qui le produit est cultivée dans le nouveau continent.

(1) *Mémoires de l'Académie des inscriptions*, Histoire, t. XXIII, p. 28.

Entre les tropiques, le cafier réussit bien dans les localités où la température moyenne et à peu près constante, se maintient entre 22 et 26°.

Le café est rarement semé en pépinière : on se borne à faire germer les graines, encore enduites de pulpe, entre des feuilles de bananier. On plante ensuite ces graines, après sept à huit jours de germination. Dans les vallées d'Aragua, un hectare de terrain de bonne qualité porte environ 2,500 arbres. Le cafier ne fleurit que deux années après sa plantation ; il atteint, quand on le laisse croître, une hauteur de 7 à 8 mètres ; mais il est rare qu'on n'arrête pas sa croissance en l'écimant. Les planteurs de Venezuela fixent ordinairement sa hauteur à 1 mètre et demi. L'arbre reçoit des soins pendant les deux premières années ; il faut tenir la terre exempte d'herbes, et surtout empêcher le développement de parasites. Le cafier, pour prospérer, demande des pluies fréquentes jusqu'au moment où la fleur commence à se montrer. Le fruit ressemble beaucoup à une petite cerise : on juge de sa maturité par la couleur rouge de son épiderme, la mollesse et la saveur très-sucrée de sa pulpe. Comme ces cerises ne mûrissent jamais simultanément, la cueillette est faite à plusieurs reprises. Chaque récolte exige au moins trois visites faites à des intervalles de cinq à six jours. Un nègre peut cueillir dans sa journée un demi-hectolitre de fruits.

Dans l'intérieur de chaque cerise se trouvent deux graines de café ; pour extraire ces graines de la pulpe qui les entoure, on fait passer les fruits dans un mou-

lin à cylindre, et on laisse tremper le café dans l'eau pendant 24 heures, pour le débarrasser de la matière mucilagineuse adhérente ; ensuite on le fait sécher. Dans les plantations de Venezuela que j'ai visitées, on agit différemment : on commence par exposer les cerises au soleil, sur une aire légèrement inclinée, en en formant une couche d'à peu près un décimètre d'épaisseur. La pulpe ne tarde pas à fermenter ; il en émane une odeur vineuse très-caractérisée ; le suc altéré s'écoule ou se dessèche. Au bout de quinze à vingt jours les fruits sont secs, racornis ; c'est alors qu'on leur fait subir deux triturations: l'une pour en retirer les graines, l'autre pour détacher une pellicule, une coque qui enveloppe le grain : 1 hectolitre de cerises rend ordinairement 40 kilogr. de café marchand.

Pendant la destruction de la matière sucrée contenue dans la pulpe du cafier, il se produit et il se perd une quantité considérable d'esprit de vin. M. de Humboldt, frappé de la facilité avec laquelle ces cerises fermentent, a manifesté son étonnement de ce qu'on n'ait jamais tenté d'en retirer de l'alcool. Je trouve cependant dans un ancien écrit le passage suivant : « Les habitants de l'Arabie prennent la peau qui en-« veloppe la graine, et la préparent comme le raisin ; « ils en font une boisson pour se rafraîchir pendant l'é-« té. » Cette liqueur vineuse semble jouir de toutes les propriétés excitantes que l'on apprécie dans le café (1).

(1) *Mémoires de l'Académie des inscriptions*, t. XXIII, p. 284.

Le cafier donne des fruits jusqu'à l'âge de quarante à quarante-cinq ans ; son produit est déjà assez important dans sa troisième année. Certains arbres rendent de 8 à 10 kil. de graines sèches, mais on admet dans Venezuela, comme produit moyen et annuel, 0 kilog., 89. de café par pied de cafier. Un hectare contenant dans les vallées d'Aragua, 2,560 arbres, en produit par conséquent 2,278 kilogram. (1).

Les qualités recherchées dans le café, comme la saveur, l'arôme développé par la torréfaction, dépendent probablement du sol, du climat et des variétés cultivées, variétés reconnaissables à certains caractères particuliers aux grains. Le café Martinique, par exemple, est volumineux ; une des faces est déprimée ; çà et là on rencontre des grains d'une forme ellipsoïde, provenant de fruits dont l'un des deux ovules était avorté, circonstance qui a permis à l'ovule restant de se développer sans aucune gêne. Ces grains arrondis s'observent dans toutes les variétés. Le café Moka est d'un gris jaunâtre, plus petit que le Martinique, plus irrégulier dans sa forme. M. Payen attribue au café la composition suivante :

(1) Humboldt, *Voyage aux régions équinoxiales*, t. V, p. 82.

Cellulose	34 (1)
Eau	12
Substances grasses	10 à 13
Glucose, dextrine	15,5
Légumine, albumine, matières azotées.	13,0
Chlorogynate de potasse et de caféine..	3 à 5
Caféine libre	0,8
Huile essentielle concrète	0,001
Essence aromatique soluble dans l'eau.	0,002
Substances minérales	6,697
	100,000

L'acide chlorogynique combiné, dans le café, à la potasse et à la caféine, possède la singulière propriété de colorer sa dissolution aqueuse en un beau vert, par l'intervention de l'air et de l'ammoniaque.

L'essence aromatique s'obtient en distillant une infusion de café torréfié ; il suffit de quelques gouttes de l'eau distillée chargée de cette essence pour aromatiser fortement une tasse de lait. On remarquera que le café renferme le principe actif du thé, la caféine.

Cacao (*theobroma cacao*). Les Mexicains cultivaient le cacaotier et préparaient avec ses graines des tablettes analogues au chocolat ; l'usage du cacao paraît avoir été introduit postérieurement à la conquête, dans les autres parties du continent. Cependant, le cacaotier existe à l'état sylvestre dans les forêts chaudes et humides de l'Amérique méridionale ; M. Goudot en a découvert plusieurs espèces dans la Nueva Granada, entre autres celle que l'on connaît à Muzo sous le nom de *cacao montaraz*. Ce cacaotier at-

(1) Payen, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXVI, 3e série.

teint une hauteur de 7 à 8 mètres, ses fruits sont très-abondants; on prépare avec sa fève, qui est très-amère, un chocolat considéré comme un excellent fébrifuge. Les Indiens sauvages semblent ignorer encore le parti qu'on peut tirer de la graine du cacaotier; ils mangent seulement la pulpe du fruit. Les Espagnols firent connaître le cacao en Europe, et en peu de temps, cette production du nouveau monde devint l'objet d'un commerce considérable.

C'est un fait bien connu des cultivateurs des régions tropicales, qu'il faut toujours établir une *cacaoyère* sur un terrain vierge; on n'a obtenu que des mécomptes, toutes les fois qu'on a voulu remplacer d'anciennes cultures de cannes à sucre, de maïs, d'indigo, par le cacao. Cet arbre exige, pour réussir, une terre riche, humide et profonde, de la chaleur et de l'ombrage. Rien ne lui convient mieux qu'une forêt défrichée, et dont le sol légèrement incliné soit susceptible d'être irrigué; aussi, toutes les plantations importantes que j'ai parcourues offrent une physionomie commune; on les trouve toujours dans les régions les plus chaudes, à une petite distance de la mer, ou bien près des torrents ou sur les bords des grands fleuves. Cette culture cesse d'être profitable dans les localités qui ne possèdent pas au moins une température moyenne de 24°, et j'ai eu l'occasion d'assister à des essais aussi infructueux que dispendieux, qui avaient été tentés dans le but d'établir une cacaoyère dans un défrichement où la chaleur du climat, d'après mes observations, ne dépassait pas

22°,8. Sous l'influence de cette température, l'arbre avait cependant acquis en quelques années une assez belle apparence : il fleurissait; mais les fruits, toujours peu développés, parvenaient rarement à leur maturité.

Lorsqu'un terrain a été jugé propre à la culture du cacao, on commence par établir un bon système d'ombrage. Souvent, pendant le défrichement, on laisse subsister des arbres très-feuillus ; mais dans le cas le plus général, on plante des essences qui ont une croissance rapide. Dans les environs de Caracas on ombrage avec le *bucare* (*Erythrina umbrosa*). Dans certaines plantations, on profite de l'ombre du bananier ; enfin, on réunit souvent ces deux modes d'ombrager.

Au sud de l'équateur, dans la province de Guayaquil, on procède directement à la plantation des fèves de cacao; dans Venezuela, on préfère élever dans des pépinières qu'on place toujours dans un sol très-fertile et bien préparé. On dispose ensuite à la surface du terrain une série de petites buttes, représentant autant de cônes en terre meuble, dont les sommets sont élevés de 20 à 25 centimètres. Dans l'intérieur de ces buttes, on dépose deux ou trois graines fraîchement extraites, et à une profondeur telle, qu'elles ne soient pas placées au-dessous du niveau du sol de la pépinière. On recouvre ces semailles avec quelques feuilles de bananier. Les graines sont mises en terre à des époques où l'on prévoit l'arrivée des pluies ; quand la saison pluvieuse ne suit pas les semis, on arrose

tous les matins avant le lever du soleil. La graine germe en huit ou dix jours. A l'âge de deux ans, le cacaotier, dans un bon terrain, s'élève déjà à plus d'un mètre ; c'est alors qu'on l'écime en retranchant deux des branches supérieures et qu'on le transplante. Dans la vallée supérieure du Rio Magdalena, où il existe d'importantes cacaoyères, les semis se font dans un terrain bien meublé et abrité par des toitures faites en feuilles de palmier ; on transplante les jeunes plants lorsqu'ils ont atteint l'âge de six mois. Pendant tout le temps que les plants passent dans cette pépinière couverte, ils reçoivent très-peu de lumière. On les arrose une fois par semaine, en versant de l'eau sur la toiture (1).

L'arbre ne fleurit que bien rarement avant qu'il ait accompli trente mois. J'ai connu des planteurs qui détruisaient toujours ces premières fleurs, afin de ne laisser venir des fruits que dans la quatrième année, et cela dans les conditions climatériques les plus favorables, dans les localités où la chaleur moyenne est de 27°, 5. Dans les situations moins avantageuses, il faut attendre 6 à 7 ans, pour avoir les prémices d'un cacaotier.

Il est peu de plantes arborescentes dont la fleur soit aussi petite et surtout aussi disproportionnée au fruit que le cacaotier. Le diamètre d'un bouton, mesuré au moment de son épanouissement, ne dépassait pas 4 millimètres. Les fleurs se fixent de préférence

(1) Goudot, *manuscrit*.

sur le tronc même de l'arbre, elles s'étendent rarement au delà de la moitié des grosses branches : on en voit souvent sur les racines qui sont en dehors du sol.

Pour recevoir les plants élevés en pépinière, la cacaoyère convenablement ombragée par les bucares ou les bananiers, est d'abord débarrassée des mauvaises herbes. Des rigoles sont ensuite établies, soit pour assainir le sol, soit pour l'irriguer au besoin. Les jeunes plants sont alignés avec la plus grande régularité et disposés en allées d'une étendue considérable. La distance qui sépare les plants est très-variable, selon la qualité du terrain, et à ce sujet, il existe une opinion assez singulière, partagée par tous les planteurs. On pense que dans les terres réputées excellentes, l'espace laissé entre les arbres doit être plus grand que dans les sols médiocres. L'expérience semble même avoir prononcé à cet égard. Ainsi, dans la vallée *del Tuy*, dans la proximité de Puerto Cabello, les cacaotiers sont éloignés de 5 mètres dans les meilleures terres, et de 4 mètres seulement dans celles de qualité inférieure. Aux Antilles où le terrain est généralement moins fertile qu'à la *terre ferme*, on espace à 2 ou 3 mètres. On croit apercevoir la raison de cette pratique, dans le plus ou moins de développement que l'arbre doit prendre, selon qu'il est planté dans tel ou tel terrain ; dans un sol doué d'une haute fertilité, ses branches s'étendront davantage, et elles auront besoin, par conséquent, d'un espace plus considérable. On se trouvera donc dans la nécessité

de placer les cacaotiers à une plus grande distance.

Une fois que le jeune plant de cacao est en croissance dans la plantation, on s'oppose à ce qu'il devienne trop branchu, en élaguant au besoin. Il arrive aussi quelquefois que les branches ont une tendance à se courber vers la terre; on les lie alors en faisceau autour du tronc, jusqu'à ce qu'elles aient repris une direction ascendante. De temps à autre on remue le sol à l'entour de l'arbre, sur une surface d'environ un mètre de rayon, et l'on profite de cette façon pour couper les racines chevelues qui prennent naissance à la base du tronc.

De la chute des fleurs à la maturité parfaite du cacao, il s'écoule à peu près quatre mois. Le fruit a une forme allongée, légèrement courbe et terminée en pointe par une extrémité. Sa longueur est d'environ 25 centimètres ; son plus grand diamètre, celui qui se trouve le plus près du point d'attache, a 8 à 10 centimètres. A l'extérieur, la gousse du cacao est sillonnée longitudinalement. La couleur de son épiderme varie depuis le blanc verdâtre jusqu'au rouge violet; cette dernière nuance est la plus commune. A l'intérieur la chair du fruit est généralement blanche; quelquefois elle a cependant une teinte rosée. Cette pulpe sucrée et acide est d'une saveur fort agréable. Les graines sont logées au nombre presque constant de vingt-cinq dans le fruit. Ces amandes sont blanches, huileuses, légèrement amères; en séchant elles prennent une teinte brune. On reconnaît la

maturité du fruit à sa couleur, et surtout à la facilité avec laquelle on le détache de l'arbre.

Dans les plantations, on fait deux grandes récoltes à l'année, et à six mois d'intervalle. Toutefois, dans une grande et ancienne culture, on récolte presque tous les jours : car il n'est pas rare de voir à la fois, sur le même cacaotier, des fleurs et des fruits.

Pour égrener les gousses, il suffit de les briser et d'enlever les semences avec un petit morceau de bois dont l'extrémité est arrondie. On classe la graine selon sa qualité, en ayant soin de rejeter celle qui n'est pas assez mûre ou qui est altérée ; puis on l'expose au soleil. Chaque soir on la réunit en tas sous des hangars; il s'établit alors une fermentation très-active, et qui pourrait devenir des plus nuisibles, si on la laissait continuer ; le cacao s'échauffe considérablement. Le lendemain on continue la dessiccation au soleil ; cette dessiccation exige plusieurs jours, et il arrive souvent qu'elle est rendue très-difficile par les pluies qui surviennent : il y aurait certainement avantage et sécurité à opérer cette dessiccation à l'étuve. On a constaté que 100 kil. d'amandes fraîches donnent 45 à 50 kil. de cacao sec et marchand. Dans Venezuela un cacaotier qui a dépassé l'âge de 7 à 8 ans, rend annuellement, et pendant plus de quarante ans, 0 kil., 75 de cacao desséché. Un hectare de terrain, contenant dans les bonnes cultures 560 arbres, en produit à l'année, en moyenne, 420 kil. C'est lorsqu'il est parvenu à l'âge de 12 ans que le cacaotier rapporte le plus; et dans les terrains si fer-

tiles du haut Magdalena, son produit moyen, au rapport de M. Goudot, est de beaucoup supérieur à celui qu'il rend dans les provinces de Venezuela. A Gigante, par exemple, chaque arbre adulte fournit annuellement 2 kil. de cacao sec. L'espacement étant supposé de 5 mètres, l'hectare d'une semblable cacaoyère doit produire par an 800 kil. de cacao.

Les fèves de cacao renferment de l'albumine; un principe particulier, la *théobromine*, analogue à la caféine; une matière colorante, et des substances grasses.

Dans 100 parties de cacao de Caracas, privé de sa coque, j'ai trouvé 43 de beurre, et une proportion d'azote indiquant 21 d'albumine; après la combustion la graine a laissé 3 de cendre formée en grande partie de phosphates. La nouvelle espèce de cacao découvert dans les forêts des environs de Muzo (Nueva-Granada) a un fruit, très-petit, approchant de la forme tétraèdre. Le chocolat préparé avec ce cacao est très-amer, très-aromatique. Dans les graines du cacaoyer *montaraz* de Muzo, j'ai rencontré :

Beurre de Cacao................	44
Albumine......................	20
Théobromine...................	2
Matières cristallines très-amères...	traces.
Acide cristallisé (1), gomme......	6
Ligneux et cellulose (2)..........	13
Substances minérales............	4
Eau...........................	11
	100

(1) Cet acide possède les propriétés de l'acide tartrique, mais je ne l'ai point analysé.

(2) Le cacao n'avait pas été séparé de sa coque.

La présence et l'abondance de l'albumine et de la matière grasse dans le cacao explique très-bien ses qualités nutritives. C'est sans aucun doute un des aliments les plus sains et les plus promptement réparateurs que l'on connaisse. Au reste, jusqu'au seizième siècle, on a émis sur ses propriétés, les jugements les plus contradictoires. Benzoni, dans son Histoire du nouveau monde, dit que le chocolat est une boisson qui conviendrait mieux aux porcs qu'aux hommes. Le père Accosta assure que le cacao est un préjugé. En revanche, Fernand Cortez et un de ses gentilshommes exagèrent peut-être dans un autre sens. « Celui qui a bu une tasse de cacao, dit le page « de Cortez, peut marcher toute une journée sans « autre aliment (1). » J'ajouterai de suite, afin de réduire cet éloge à sa juste valeur, que la plupart des voyageurs ont dû se convaincre, qu'en Amérique il n'est pas impossible de voyager tout un jour sans rien prendre du tout. Je reconnais toutefois que, dans les excursions entreprises dans les forêts inhabitées, lorsqu'il est d'une impérieuse nécessité de réduire le poids et le volume des rations d'une expédition, le chocolat présente des avantages réels, incontestables, et que j'ai eu l'occasion d'apprécier dans plus d'une circonstance.

Le prix moyen de 100 kilogr. de cacao, droits déduits, est, en France, de 120 fr. En 1847, il y a eu importation de 3,162,000 kilogr.

(1) Humboldt, *Voyage aux régions équinoxiales*, t. V, p. 285.

Au Hâvre, en entrepôt, en 1849, le prix moyen des 100 kilogr. de café a été 84 fr. 58 c.; dans la même année il en est entré 16,912,065 kilogr. Pour montrer avec quelle rapidité la consommation du café a augmenté en France, je rappellerai qu'en 1821 elle ne dépassait pas 4,763,128 kilogr.; les 100 kilogr. valaient alors, en entrepôt, 291 fr. 20 c., malgré cette augmentation on est fondé à croire que la consommation n'a pas atteint sa limite, car elle est encore au-dessous de 500 grammes par habitant, c'est-à-dire bien inférieure à celle d'autres pays.

Ainsi : la Belgique consomme environ	4 kilogr. par habitant.
La Hollande...............	4 kilogrammes.
L'association allemande......	1 kilogr. 600 grammes.
Les États-Unis.............	2 kilogr. 445 grammes.
L'Angleterre..............	0 kilogr. 640 grammes.

Il y a tous lieu de penser, cependant que l'usage du thé, du café et du chocolat ne prendra jamais une très-grande extension dans les pays producteurs de vin.

Graines alimentaires des légumineux. — Les plantes à cosses servant à la nourriture de l'homme sont : les haricots, les fèves, les pois, les lentilles; les vesces sont exclusivement réservées pour l'alimentation des animaux. Il est rare que dans la grande culture, les légumineux ouvrent la rotation : généralement ils la terminent. Cependant les féveroles sont considérées comme une bonne préparation à la céréale. Les observations météorologiques faites dans les diverses contrées où l'on cultive les légu-

mineux, me portent à croire que, pour réussir, ils ont besoin d'une température dont la moyenne ne soit pas au-dessous de 14° à 15°. Les climats tempérés leur conviennent parfaitement, et je les ai suivis dans les Andes équatoriales jusqu'à 2500 et 3000 mètres de hauteur. Schwertz, ayant rassemblé de nombreux renseignements sur la culture des plantes à cosses, je rapporterai, sous son autorité, les moyennes de différentes données qu'il est utile de connaître.

PLANTES.	POIDS de l'hectol.	SEMENCES par hectare.	PRODUIT PAR HECTARE.		FANES sèches.
			En volume.	En poids.	
	kilog.	hectol.	hectol.	kilogr.	
Haricots ...	65	1,5	24,3	1580	»
Fèves	88	2,6	24,1	2121	2766
Pois.......	79	2,5	14,0	1106	3000
Lentilles...	85	2,0	16,0	1360	»
Vesces.....	85	1,7	15,0	1275	3000

Quelques analyses encore imparfaites, exécutées récemment, m'ont conduit aux résultats suivants, sur la composition des légumineux.

TABLEAU.

	HARICOTS blancs.	POIS jaunes.	Lentilles.	FÈVES. de marais.	Féveroles.	VESCES.
Légumine.........	26,9	23,9	25,0	24,4	31,9	27,3
Amidon et dextrine..	48,8	59,6	55,7	51,5	47,7	48,9
Substances huileuses.	3,0	2,0	2,5	1,5	2,0	2,7
Ligneux et cellulose.	2,8	3,6	2,1	3,0	2,9	3,5
Sels.............	3,5	2,0	2,2	3,6	3,0	3,0
Eau..............	15,0	8,9	12,5	16,0	12,5	14,6
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Houblon (*humulus lupulus*). — Les cônes du houblon, à cause de leur emploi dans la confection de la bière, sont un objet de commerce très-important.

Le houblon se cultive dans tous les sols, quelle que soit leur nature, pourvu qu'ils joignent une profondeur suffisante à une grande fertilité. Cette plante réussit surtout dans les terres riches et tourbeuses, comme celles qui portent les belles houblonnières de Haguenau.

La terre destinée à une plantation est d'abord fortement fumée, puis défoncée à la bêche à 80 centimètres au moins. Les places que doivent occuper les plants sont indiquées par de petits piquets alignés au cordeau. La distance d'un pied à l'autre est ordinairement de 2 mètres. Pour planter, on creuse aux endroits occupés par les piquets, une fosse de 70 centimètres en tous sens, que l'on remplit aux trois quarts

avec du terreau préparé une année à l'avance ; on replace alors le piquet exactement au point où il se trouvait.

A la fin de mars ou au commencement d'avril, on procède à la taille des houblons anciens, en dégageant les pieds, à l'aide de la houe à main, jusqu'à la tige mère ; à une très-faible distance de cette tige, on coupe toutes les pousses ou replants, et les racines latérales les plus rapprochées des pousses. On recouvre de terre la tige nettoyée, et l'on procède à la mise en terre des replants ou bourgeons radiculaires que l'on vient de se procurer.

Un replant doit avoir la grosseur du doigt et une longueur de 12 à 15 centimètres. Après avoir enlevé le piquet et fait un trou avec la main, on y place deux replants, en ayant soin que les yeux ou bourgeons occupent la partie supérieure ; les deux replants ne sont pas posés parallèlement, ils font entre eux un certain angle dont le sommet est à la partie inférieure ; on tasse assez fortement, puis on recouvre avec de la terre meuble, dont le volume est à peu près double de celui qu'on a retiré en creusant la fosse; on met une perche à chaque fosse. A cet effet, on pratique avec un épieu en fer, à 20 centim. du plant, un trou profond de 50 centimètres. La perche est placée à l'ouest de la plante. Dans les plantations bien fumées, elle a 10 mètres de longueur ; les perches en sapin sont celles que l'on préfère comme étant les plus légères et de plus longue durée; elles coûtent rendues à Haguenau, de 100 à 110 francs le

cent. La perche en pin ne coûte que 75 à 85 francs le cent ; mais elle n'est pas aussi estimée. Une perche de sapin dure ordinairement dix ans dans un terrain qui n'est pas trop sablonneux. Après l'érection des perches, on bêche tout le sol de la houblonnière.

On procède à la ligature, quand les jeunes tiges sont assez longues pour entourer la circonférence de la perche. Chaque perche ne soutient que deux tiges, choisies parmi les plus belles. On attache les tiges avec du petit jonc, ou avec de la paille amollie dans l'eau. La ligature est une opération fort délicate qu'il ne faut pas exécuter le matin, ni après la pluie, mais lorsque le soleil a donné de la consistance à la plante. En même temps qu'on attache les tiges, on les effeuille, vers le bas, jusqu'à 30 centimètres au-dessus du sol. Dans la première quinzaine de juin on bine à la houe. La plante grimpe en serpentant, de gauche à droite, autour de la perche ; il ne faut pas contrarier cette marche. On doit aussi se garder de laisser une des tiges se superposer à l'autre ; la séve ne pouvant plus circuler facilement, la croissance est ralentie. Quand on a des feuilles à enlever, on ne les arrache pas, mais on les coupe avec une serpette ou avec des ciseaux. On enlève de cette manière les petits rameaux et les tiges portant fleurs, qui se développent entre la tige mère et les feuilles. On agit ainsi jusqu'à la hauteur de 3 à 4 mètres ; au delà, on laisse subsister tous les rameaux à fleurs.

Du 10 au 20 juillet, on effeuille la plante jusqu'à 1 mètre 3 au-dessus du sol, pour faciliter l'accès

de l'air et de la lumière. Les fruits ombragés par les feuilles ne mûrissent pas assez.

La croissance du houblon a lieu avec une rapidité extraordinaire, surtout pendant les nuits chaudes et orageuses; M. Hüffel a constaté, après une petite pluie d'orage, une croissance de 14 centimètres en vingt-quatre heures. Il n'est plus nécessaire d'attacher les tiges quand elles ont atteint une hauteur de 6 à 8 mètres.

C'est dans la seconde semaine du mois d'août, époque ordinaire de la floraison, qu'a lieu le second binage ; on ameublit et l'on rehausse les buttes.

On reconnaît que le temps de la récolte est arrivé, aux signes suivants : dans la plantation, à l'odeur herbacée succède l'odeur si pénétrante de l'huile essentielle de houblon ; les cônes prennent une teinte jaunâtre, et en les serrant dans la main ils présentent une certaine résistance ; la substance pulvérulente, dont ils sont enduits a une teinte jaune foncé. C'est alors qu'il faut procéder sans délai à la cueillette ; car un ouragan, un orage pourrait occasionner des pertes considérables.

Il est très-important de bien saisir le point de la maturité du houblon. Les cônes cueillis trop tôt conservent une couleur verdâtre, leur odeur peu intense, n'est pas sans analogie avec celle du foin, ils perdent d'ailleurs beaucoup par la dessiccation. Récoltés au moment de la maturité, le houblon quand on le broie dans la main émet une forte odeur aromatique ; il ne laisse pas d'humidité, mais bien une matière

poisseuse que les brasseurs désignent sous le nom de *graisse*.

Pour faire la récolte, on coupe les tiges à un mètre du sol ; on fait un nœud aux pieds qu'on juge propres à fournir, plus tard, les meilleures boutures ou replants, afin de les reconnaître à l'époque de la taille. La perche est arrachée en s'aidant d'un instrument nommé ***Kloben;*** on l'incline lentement, jusqu'à la faire reposer sur un chevalet; c'est alors que des femmes, des vieillards, des enfants procèdent à la cueillette, on emploie un grand nombre de bras, parce qu'il faut opérer rapidement. Les ouvriers, sont payés à la tâche. Le houblon est porté dans des greniers bien aérés; on l'étend en couches d'une faible épaisseur.

La cueillette ne doit pas commencer de trop bonne heure, surtout dans les temps de brouillard ou de pluie. Les cônes sont détachés un à un et non par grappes; on en sépare soigneusement les queues et les feuilles.

La dessiccation du houblon se fait le mieux à l'air, sur des claies disposées dans des locaux très-spacieux. Quand la récolte à sécher est assez forte, il est difficile de rencontrer des greniers convenables, on sèche alors au moyen de calorifères. Quel que soit le mode de desscication, lorsque le houblon est bien sec, on le met en tas d'un mètre de hauteur et on le laisse ainsi pendant trois semaines, en ayant la précaution, tous les deux ou trois jours, d'introduire une petite perche mince et lisse, pour remuer légèrement en

soulevant la base du tas, afin de prévenir l'échauffement. Si l'on s'aperçoit qu'un tas est disposé à s'échauffer, on l'étale à l'instant pour achever la dessiccation qui avait été incomplète. En s'échauffant, le houblon prend une teinte brune qui lui fait perdre la plus grande partie de sa valeur commerciale. Ce n'est pas que la qualité du houblon soit toujours altérée par un commencement d'échauffement; mais la couleur brune qu'il prend, fait que l'acheteur confond cette légère altération avec celle, beaucoup plus grave, qui est le résultat de la *nielle*. Après la dessiccation, le houblon est *ensaché* et livré au commerce.

Voici, d'après un très-habile planteur de houblon, M. Hüffel, de Haguenau, un état des produits obtenus et des dépenses faites dans une culture, depuis 1832 jusqu'en 1843.

TABLEAU.

TABLEAU

DE LA CULTURE DU HOUBLON A HAGUENAU.

ANNÉES.	SURFACE CULTIVÉE.	NOMBRE de PERCHES.	DÉPENSES. LOYER du terrain.	DÉFONCEMENT.	CONFECTION des fosses POUR REPLANTS.	ACQUISITION de PERCHES.	ACQUISITION d'engrais ET TERREAU.	FRAIS de CULTURE.	FRAIS de RÉCOLTE.	DÉPENSE TOTALE.	POIDS de la récolte en QUINTAUX.	VALEUR du QUINTAL.	VALEUR de la RÉCOLTE.
	ares.		fr.	fr.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	quint.	fr.	fr.
1832	50	1300	60	100	30 »	650 »	160 »	130 »	36 »	1,166 »	1 75	700	1,225
1833	75	1930	90	50	12 50	378 »	184 »	167 »	105 25	986 75	7 50	380	2,850
1834	133	3325	128	114	27 55	969 50	328 75	292 40	196 50	2,056 70	14 »	320	4,480
1835	133	3325	128	»	» »	» »	270 50	265 20	245 80	781 50	17 50	150	2,625
1836	133	3325	128	»	» »	» »	260 35	280 20	266 10	806 65	19 »	170	3,230
1837	165	4000	247	130	13 75	506 25	320 10	348 10	315 60	1,880 80	22 50	240	5,400
1838	185	4500	277	40	10 75	375 »	380 »	370 30	434 70	1,887 75	31 »	340	10,540
1839	200	5000	350	38	12 10	400 »	400 20	390 75	385 85	1,976 90	27 50	250	6,875
1840	200	5000	400	»	» »	» »	309 »	420 10	364 15	1,493 25	26 »	220	5,720
1841	200	5000	400	»	» »	» »	389 50	450 35	420 »	1,659 85	30 »	260	7,800
1842	235	6000	470	70	27 80	100 »	490 20	510 »	210 »	1,878 »	15 »	380	5,700
1843	235	6000	470	»	» »	» »	450 75	525 »	455 »	1,900 75	32 50	190	6,175

Ces résultats montrent, qu'en moyenne, dans une houblonnière très-bien tenue et située dans un terrain particulièrement favorable, c'est-à-dire, une terre sablonneuse, riche en humus et reposant sur un fond tourbeux, un hectare rend annuellement 3,257 kilogrammes de houblon. Je trouve pour le rendement d'un hectare, dans diverses parties de l'Europe :

Flandre......................	1600 kil.	Aelbroock.
Allemagne (moyenne de 10 ans).	1200	Kolb.
France (environs de Paris)......	1200	Payen.
Id. Roville (moy. de 13 ans)..	885	Mathieu de Dombasle.

Les cônes de houblon sont enduits d'une substance jaune pulvérulente, fournissant, suivant Yves, les matières extractives qui entrent dans la bière (1). Pour se procurer cette substance, il suffit de tamiser les écailles des cônes, après les avoir fait dessécher à une douce chaleur. Cette poussière jaune constitue pour ainsi dire la qualité du houblon. Sur cent parties, le houblon contient :

TABLEAU.

(1) Yves, *Annals of Philosophy new series*, t. I, p. 194.

PROVENANCE DES HOUBLONS.	SUBSTANCE JAUNE.	ÉCAILLES.	MATIÈRES ÉTRANGÈRES.
Belgique (Poperingue)...	18	70	12
Amérique du Nord......	17	69	14
Bourges..............	16	83	1
Étang de Crécy........	12	86	2
Bussignies............	11,5	81,5	7
Vosges...............	11	86	3
Angleterre...........	10	87	3
Lunéville............	10	88	2
Liége................	9	81	10
Allemagne (Spalte)......	8	88	4

La substance pulvérulente renferme de la cire, de la résine, une matière amère, de la gomme, des principes azotés, une huile volatile, des sels au nombre desquels se trouve de l'acétate d'ammoniaque (1).

Fruits charnus ou pulpeux. — Les fruits charnus contiennent presque tous les mêmes principes, mais en proportions fort diverses; c'est alors le principe dominant qui en caractérise en quelque sorte la saveur ou l'odeur : le sucre, l'albumine, la gomme, l'amidon, des acides, des huiles fixes, des essences, la fibre ligneuse, se trouvent presque toujours réunis dans leur pulpe plus ou moins aqueuse.

M. Bérard, dans une suite de recherches très-intéressantes sur la maturité des fruits, a eu l'occasion d'en analyser plusieurs (2). En rapportant les ana-

(1) Payen et Chevalier, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXV, p. 310, 2e série.

(2) Bérard, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XVI, p. 225, 2e série.

lyses de cet habile chimiste, je ferai remarquer que quelques-uns des principes immédiats récemment découverts ne figurent pas dans les résultats déjà anciens auxquels il est arrivé. Ainsi, indépendamment des substances dont il a constaté la présence dans les fruits, il faut encore y admettre de l'acide pectique, de l'acide gallique, de faibles quantités d'huiles volatiles et de sels de potasse à acides végétaux.

	ABRICOTS.	PÊCHES.	GROSEILLES à maquereau.	CERISES.	PRUNES reines-claude.	POIRES.
Albumine et gluten.	0,2	0,9	0,9	0,6	0,3	0,2
Matière colorante..	0,1	traces.	traces.	traces.	0,1	traces.
Tissu végétal	1,9	1,2	8,0	1,1	1,1	2,2
Gomme..........	5,1	4,9	0,8	3,2	2,1	2,1
Sucre............	16,5	11,6	6,0	18,1	24,8	11,5
Acide malique....	1,80	1,1	2,4	2,0	0,6	0,1
Acide citrique.....	»	»	0,3	»	»	»
Chaux...........	traces.	0,1	0,3	0,1	traces.	traces.
Eau.............	74,4	80,2	81,3	74,9	71,0	83,9
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Prunes. — Certains fruits pulpeux, comme les prunes, les cerises, contiennent assez de sucre pour qu'on puisse, par la fermentation, en retirer avec profit des liqueurs alcooliques. En Alsace, on cultive une espèce de prune (*Quetchen*) avec laquelle on prépare de l'eau-de-vie, le *Quetchenwasser;* la prune et la cerise rendent à peu près la même quantité d'esprit.

Dans une *quetche* de 26,52 grammes, le noyau pesait 1,27 gr.; l'amande renfermée dans le noyau 0,30 gr.; la pulpe 25,25 gr.

100 de pulpe contenaient :

Albumine	1,0
Sucre et acide	15,8
Cellulose	0,7
Substances minérales	0,9
Eau	81,6
	100,0

En Alsace, le prunier est planté, soit en verger, soit au milieu des terres arables; cet arbre, projetant peu d'ombre, n'est pas aussi nuisible qu'on pourrait le croire aux plantes cultivées dans sa proximité. Dans certaines années, le prunier est d'ailleurs d'un excellent rapport, le double décalitre se vendant aux distillateurs de 1 fr. à 1 fr. 50.

Voici quelques données sur le rendement des pruniers, prises en 1846 à Kutzenhausen (Bas-Rhin), après une bonne récolte.

NOMBRE D'ARBRES.	AGE DES ARBRES.	PRUNES EN DÉCALITRES.	PRODUIT d'un arbre EN DÉCALITRES.
	ans.		
10	11	44	4,4
2	15	10	5,0
25	36	230	9,2
2	40	30	15,0

Dans une distillation faite il y a quelques années, 11,67 hectolitres de prunes se sont réduits, après la fermentation, à 10 hectolitres de moût, dont on a

retiré 1 hectolitre d'eau-de-vie à 18°, soit à 46° de l'alcoograde centésimal, c'est-à-dire que l'hectolitre de prunes a produit 3,94 litres d'alcool absolu.

Bananes.—De tous les fruits à pulpe, c'est peut-être celui du bananier qui est le plus généralement employé comme aliment. La banane forme la nourriture habituelle des habitants des régions chaudes; entre les tropiques, sa culture est tout aussi importante que l'est celle des graminées et des tubercules farineux dans la zone tempérée. La facilité de cette culture, le peu d'étendue qu'elle occupe; la sécurité, l'abondance et la permanence des récoltes, la diversité d'aliments fournis par la banane, suivant ses différents degrés de maturité, font de cette plante un objet d'admiration pour le voyageur européen. Sous un climat où l'homme sent à peine le besoin de se vêtir et de s'abriter, on le voit recueillir presque sans travail aucun une nourriture aussi abondante qu'elle est saine et variée. C'est le bananier qui a permis ce proverbe si consolant que l'on entend répéter sous la zone équatoriale : « Personne ne meurt de besoin en Amérique. » Dans la plus pauvre cabane, on accueille et l'on nourrit celui qui a faim.

Les botanistes distinguent trois variétés principales de bananier :

1° Le *musa paradisica*, appelé *platano arton* dans l'Amérique espagnole.

2° Le *musa sapientium* ou *camburi*.

3° Le *musa regia rumph* ou *platano dominico*.

On a cherché à mettre en doute l'origine américaine du bananier. Ainsi, Oviédo, dans son *Historia natural de las Indias*, affirme que cette plante fut portée des îles Canaries à Saint-Domingue par un religieux de l'ordre des prédicateurs. Forster avait adopté cette opinion, corroborée, dit M. de Humboldt, par le silence absolu que gardent les premiers voyageurs qui abordèrent dans le nouveau monde. Cependant, le témoignage de l'inca Garcilasso de la Vega prouve évidemment que le bananier végétait en Amérique avant l'arrivée des Espagnols. Dans ses *Commentarios reales*, il indique la banane comme la principale nourriture des habitants des climats chauds du Pérou (1).

Partout dans le voisinage de l'équateur, on cultive le bananier dans les endroits qui ne sont pas à une très-grande élévation au-dessus du niveau de l'Océan. La culture la plus profitable, celle dont les récoltes sont les plus abondantes et les plus hâtives, est toujours située dans les basses contrées, là où la température moyenne est de 24° à 27°,5. On en jugera par le bas prix auquel descend la banane : sur les bords de la grande rivière de la Magdalena, j'ai payé un franc pour 100 kilogr. de fruits; la journée de travail d'un homme étant de deux francs environ, c'est à n'en pas douter l'aliment le meilleur marché qu'il soit possible de rencontrer.

En discutant la production du bananier à diverses

(1) Garcilasso, *Commentarios reales*, t. I, p. 282.

hauteurs, dans les Cordillières équatoriales, je suis arrivé aux conclusions suivantes :

Température : 28°	
	culture extrêmement avantageuse.
— 24°	
	culture avantageuse.
— 22°	
	culture ordinaire.
— 19°	
	culture désavantageuse.
— 17°	
— 16°	limite de la culture.

Le bananier se propage et se plante par drageons ; il demande un sol riche, humide, mais bien égoutté. La plantation se fait un peu avant l'époque des pluies : le terrain, débarrassé d'herbes, est remué à la pioche, à une profondeur de trois décimètres; généralement on ne donne cette façon que sur les points où le drageon doit être placé; on espace les plants à deux mètres au moins. Le plan donne plusieurs tiges, souvent six ou sept; chacune d'elles est destinée à porter du fruit; quand il en surgit un trop grand nombre, on en coupe une partie. Le temps qui s'écoule entre la plantation d'un drageon et la récolte du fruit, varie selon que la culture a lieu au niveau de la mer ou dans une situation plus élevée. Dans les localités les plus chaudes, le bananier fleurit neuf mois environ après la plantation, et le fruit met près de trois mois pour se former et arriver à une parfaite maturité. A Ibagué, petite ville placée au pied oriental de la Cordillière centrale des Andes, où la température moyenne est de 21°,8, M. Goudot a planté un drageon à la fin d'août; dans les premiers jours de septembre de l'année suivante, la plante montra son premier régime ; les bananes mûres furent cou-

pées tout au commencement de janvier, c'est-à-dire quatre mois après la floraison.

Les soins à donner à une *bananerie* (*platanar*) sont peu nombreux : ils se réduisent à sarcler à l'entour des jeunes plants. Comme le bananier se renouvelle par les tiges qui surgissent continuellement du collet de la racine, on comprend qu'il peut donner des fruits indéfiniment. Quand la fructification est accomplie, les feuilles se dessèchent et tombent pour faire place à celles qui concourent à la végétation nouvelle. Ainsi les cueillettes de banane se succèdent à des intervalles assez rapprochés, pour ainsi dire périodiques; la même plante offre à la fois des fruits plus ou moins avancés, des régimes couverts de fleurs et de jeunes tiges qui se préparent pour l'avenir. Aussi, il n'est pas de culture plus rassurante que celle du bananier; les circonstances climatériques peuvent retarder quelquefois, sans jamais anéantir l'espérance du cultivateur. Les sécheresses extraordinaires qui partout, et particulièrement sous le climat brûlant de l'équateur, détruisent ou interrompent la végétation des plantations quand elles ne sont pas irriguées, exercent bien rarement une action désastreuse sur le bananier, dont l'ombrage oppose un obstacle permanent à l'évaporation de l'humidité. Durant la saison sèche, lorsque pendant des mois entiers le ciel conserve sa pureté, lorsqu'il ne tombe pas une seule goutte de pluie pour rafraîchir la terre, le sol abrité par le bananier est néanmoins toujours humide ; chaque matin on pourrait croire qu'il a été

arrosé pendant la nuit : cet effet salutaire est produit par le rayonnement nocturne des feuilles vers l'espace céleste. Ces feuilles, dont l'étendue en surface est considérable, se refroidissent toujours durant les nuits étoilées, de quelques degrés au-dessous de la température de l'air ambiant; elles condensent alors la vapeur aqueuse contenue dans l'atmosphère, et versent, au pied de la plante, l'eau qui résulte de cette condensation.

Le produit d'un *platanar* dépend d'abord du sol, du climat, et ensuite de la distance à laquelle sont placés les bananiers. On estime qu'en général, dans les climats très-chauds, un régime de grandes bananes pèse 20 kilogrammes, et qu'on peut obtenir d'un plant trois régimes dans l'année. Dans les régions tempérées, vers la limite supérieure du bananier, dans les Cordillières, on ne compte plus que sur deux régimes. Voici les données que j'ai pu recueillir sur le rendement annuel des *platanars*.

	Produit par hectare.	Autorités.
Régions chaudes, 27°,5..............	184300 kil.	Humboldt.
Cauca (cucurusapé), température 26°..	150000	Boussingault.
Ibagué, température 22°.............	64000	Goudot.

La pulpe de la banane est enveloppée d'une cosse assez épaisse se détachant facilement, et dont il faut tenir compte pour apprécier le poids de la matière réellement alimentaire. Plusieurs expériences, faites sur des fruits pris aux divers états sous lesquels on les consomme, ont indiqué pour le poids de la cosse dans la banane :

	Verte.	A maturité imparfaite.	A maturité complète.
Cosse............	34,3	38,1	36,8
Pulpe...........	65,7	61,9	63,2
	100,0	100,0	100,0

La variété dite *arton* est la plus communément cultivée; c'est aussi la plus pesante. Le *camburi* et le *dominico* sont beaucoup moins volumineux, mais ils sont plus délicats, plus savoureux. Le fruit du bananier, parvenu à sa maturité, a la consistance d'une poire; sa saveur est sucrée et légèrement acide. Dans la variété *arton* j'ai trouvé :

1. Du sucre cristallisable.
2. De la gomme.
3. Un acide (très-probablement de l'acide malique).
4. De l'acide gallique.
5. De l'albumine.
6. De l'acide pectique.
7. Du ligneux.
8. Des sels alcalins et terreux.

Par une dessiccation faite au soleil; 1000 grammes de banane mûre se sont réduits à 439 de banane sèche.

Eau...... 561

La banane verte, celle dont la cosse est encore verte, a une chair blanche et presque insipide ; dans cet état elle ne contient pas sensiblement de sucre, c'est l'amidon qui domine; aussi, dans l'alimentation, on la substitue au pain, à la pomme de terre et au maïs; on peut la considérer comme un farineux : après avoir enlevé la cosse, on la cuit sous la cendre jusqu'à ce que la partie externe soit légèrement rôtie ; on la sert sur la table; c'est une sorte de pain tendre, très-

agréable et bien préférable, à mon avis, au fruit si vanté de l'arbre à pain.

Dans les expéditions que l'on entreprend dans les forêts, quand on doit rester pendant longtemps éloigné de toute habitation, la banane verte fait toujours partie des provisions; mais alors on lui fait subir une forte dessiccation, d'abord pour diminuer son poids, et ensuite pour détruire tout principe de vitalité afin de l'empêcher de mûrir. La première fois que je vis dessécher la banane verte, ce fut au moment où j'allais quitter Anserma Nuevo, pour m'interner dans les forêts marécageuses du Choco. On commença par chauffer fortement un four à pain, dans lequel on introduisit ensuite les bananes dépouillées de leurs cosses. La dessiccation dura huit heures environ; à sa sortie du four, la banane était très-dure, cassante, translucide et d'un aspect corné. 100 kilog. de fruits verts donnèrent 40 kilog. de substance sèche. La banane ainsi préparée est appelée *fifi;* c'est une espèce de biscuit qui se conserve pendant un temps très-long, sans subir la moindre altération. Pour consommer le fifi, on le fait tremper dans l'eau, puis on le fait bouillir; en ajoutant de la viande salée (tasajo), on obtient un mets très-substantiel. J'ai navigué sur la mer du Sud, dans un bâtiment approvisionné avec des bananes desséchées, que l'on distribuait à l'équipage en guise de pain.

Quand elle est mûre, la banane n'est plus farineuse; à mesure qu'elle mûrit, son amidon se change en gomme et en sucre, et il se développe un acide. Mais

entre l'état farineux et l'état sucré ou de parfaite maturité, il y a un état intermédiaire sous lequel on la consomme généralement. Rôtie dans les cendres chaudes, la banane possède alors une saveur analogue à celle de la châtaigne ; on la mange aussi comme légume, après l'avoir fait cuire dans l'eau.

Le fruit mûr est quelquefois rôti ; sa saveur est sucrée. Un usage très-général est de le faire frire dans la graisse, après l'avoir coupé en tranches.

La valeur nutritive de la banane ne doit pas s'éloigner beaucoup de celle de la pomme de terre ; ainsi, j'ai rationné des hommes soumis à un travail assez fort, avec environ 3 kilog. de bananes demi-mûres et 60 grammes de viande desséchée au soleil.

CHAPITRE VI.

DE LA FERMENTATION VINEUSE.

Le suc des fruits à pulpes sucrées, abandonné à lui-même sous l'influence d'une température convenable, présente un phénomène des plus remarquables, celui de la fermentation. Le sucre qui, comme nous l'avons vu, est le principe dominant des fruits charnus, disparaît complétement ; à sa place on trouve de l'alcool, et pendant cette transformation il se dégage du gaz acide carbonique.

Le sucre, le glucose ne suffisent pas seuls pour faire fermenter les sucs végétaux qui les contiennent. Par exemple, une dissolution de ces principes dans l'eau distillée peut rester un temps considérable sans éprouver la moindre altération ; exposée à l'air libre, elle s'évapore, elle finit par se dessécher, et après cette lente dessiccation, on retrouve les matières sucrées au même état où elles étaient avant d'avoir été dissoutes. Maintenant, si l'on introduit dans cette dissolution une faible quantité de ces principes azotés que nous avons appelés albumine, glutine, etc., qui se retrouvent constamment dans les plantes, la fermentation ne

tardera pas à se réaliser, à suivre toutes ses phases ordinaires. Ainsi c'est un principe immédiat azoté, l'albumine, le gluten ou leurs analogues, qui la provoque et l'entretient; dans le suc des fruits, elle n'est pas déterminée d'une manière instantanée, il s'écoule toujours quelque temps avant qu'elle se manifeste : c'est que l'albumine ou le gluten, pour agir comme ferment, doivent déjà avoir subi eux-mêmes une certaine modification. La preuve en est dans ce fait, que les liqueurs vineuses renferment toujours une proportion très-petite, mais constante de carbonate d'ammoniaque, ainsi que l'a constaté M. Dœbereiner. D'ailleurs, ces mêmes principes azotés, qui à l'état frais sont sans action sur les liquides sucrés, agissent immédiatement comme des ferments énergiques, lorsqu'on les emploie après les avoir exposés pendant quelques jours au contact de l'air et de l'humidité; quand, en un mot, ils commencent à s'altérer. C'est donc au moment même où l'albumine ou le gluten entrent en putréfaction qu'ils deviennent de véritables ferments, qu'ils sont aptes à décider le mouvement intestin qui produit la décomposition des matières sucrées. Le ferment consommé pour exciter et entretenir la fermentation du sucre est une quantité tellement minime, qu'on est porté à croire qu'il n'agit réellement que par sa présence, que par son contact. Cela paraît d'autant plus vraisemblable, que l'on sait qu'après avoir ajouté une substance azotée, suffisamment modifiée pour provoquer subitement la fermentation dans une liqueur qui, indépendamment

du sucre, contient encore de l'albumine, on retrouve, après la réalisation du phénomène, six à huit fois plus de ferment qu'on n'en a mis ; c'est-à-dire la presque totalité du ferment primitif, plus celui qui a été produit par les principes azotés, préexistants dans la matière soumise à la fermentation : c'est ce qu'on observe journellement dans la fabrication de la bière.

Pour préparer cette boisson, on commence par faire germer l'orge : nous savons que par la germination, la substance azotée, en se modifiant, réagit sur l'amidon, et le transforme en glucose et en dextrine. On dessèche l'orge germée quand la radicule est très-apparente, au moment où la gemmule est prête à sortir du grain. Le malt, c'est ainsi qu'on nomme l'orge germée après sa dessiccation, est moulu, puis infusé d'abord dans de l'eau chauffée à 60° ; et ensuite délayé, brassé avec de l'eau à 90°. On couvre la cuve dans laquelle on a fait le brassage ; on laisse reposer pendant quelques heures et l'on soutire. L'infusion est portée dans une chaudière, où elle est clarifiée par la coagulation de l'albumine végétale ; c'est dans la même chaudière qu'elle reçoit la décoction de houblon jugée nécessaire pour communiquer à la bière l'odeur et la saveur qui la caractérisent, et aussi pour s'opposer à l'acidification qu'elle pourrait contracter postérieurement à sa fabrication. Au sortir de la chaudière, la liqueur, après avoir parcouru un système de réfrigérant qui ramène sa température à 15° environ, passe dans la cuve à fermenter. Une semblable infusion ou moût est tout à fait analogue au suc des

fruits; elle renferme les éléments nécessaires à la fermentation, du glucose et un principe azoté. En effet, le moût fermente, et il se forme à la surface une écume blanche qui devient de plus en plus abondante, en même temps qu'il se dégage du gaz acide carbonique. On accélère la fermentation, on fait qu'elle se développe au bout de cinq à six heures, en introduisant dans la cuve des écumes provenant d'une opération antérieure. Toutefois, on ne la laisse pas se terminer dans la cuve; on fait arriver la liqueur dans des vases plus petits, dans des barils à larges bondes. Il importe de diviser la masse afin de se rendre maître de l'opération et d'en mieux régler les progrès; l'écume qui déborde par les bondes des tonneaux se rassemble dans un réservoir; une partie surnage la bière qu'elle a entraînée, une autre plus considérable se précipite : ces écumes constituent la levûre. Les brasseurs, après en avoir réservé une certaine quantité pour leurs opérations, la livrent au commerce : on l'emploie surtout pour faire *lever* les pâtes, c'est-à-dire pour faire fermenter les principes sucrés qui entrent dans la constitution des farines, ou qui s'y développent pendant la panification. En général, le brassage du malt fournit six à huit fois plus de levain qu'on n'en ajoute pour déterminer la fermentation du moût.

La bière renferme toujours de l'acide carbonique, alors même qu'elle ne mousse pas; elle en contient deux à trois pour cent de son volume, et jusqu'à 25 pour 100 quand elle est très-mousseuse.

La bière de Munich jouit d'une grande réputation en Allemagne; elle est composée d'après l'analyse de M. Leo :

Alcool.............	5,00
Extrait.............	13,00
Acide carbonique.....	0,08
Eau.	81,92
	100,00

La proportion d'alcool est très-variable, comme on peut s'en convaincre par la table suivante.

	Alcool absolu en volume.
Ale d'Angleterre........	8,3 pour 100.
Ale d'Écosse...........	5,8
Ale commun...........	5,0
Porter	4,0
Bière d'Iéna...........	3,1

A strasbourg, en brassant :

100 kilog. de malt provenant de 125 kilog. d'orge,
2 — de houblon,

on prépare 2 hectolitres de bière forte.

Cultivé en orge, 1 hectare fournit la matière première de 38 hectolitres de bière forte, en admettant un rendement de 2400 kilogrammes de grain.

L'exemple le plus net qu'on puisse choisir pour donner une idée complète du phénomène de la fermentation vineuse, est celui de la transformation du sucre en alcool et en acide carbonique sous l'influence de la levûre de bière. Pour opérer cette transformation, on dissout cinq parties de sucre dans vingt parties d'eau, puis l'on délaye dans la dissolu-

tion une partie de levûre. Si la température de l'atmosphère ambiant se maintient entre 15° et 30°, on voit apparaître autour des particules de ferment, de nombreuses bulles qui tendent à les entraîner dans leur mouvement ascensionnel; bientôt toute la masse prend par le dégagement gazeux, de plus en plus abondant, un mouvement tumultueux qui continue pendant les dix à douze premières heures; vers cette époque la fermentation devient moins active, le dégagement gazeux diminue graduellement; il cesse entièrement au bout de quelques jours. La liqueur, de louche qu'elle était, devient claire, transparente, aussitôt après que le ferment qu'elle tenait en suspension est déposé.

Si l'on fait fermenter le sucre dans un appareil propre à recueillir le gaz qui se dégage si abondamment, on reconnaît que ce gaz est de l'acide carbonique pur; et en distillant avec les précautions convenables la liqueur fermentée, on en retire de l'alcool. Pour métamorphoser la totalité du sucre en alcool et en acide carbonique, il ne faut qu'une très-petite quantité de levûre, moins d'un centième du poids du sucre si on la suppose sèche.

Si la fermentation vineuse est un phénomène aussi simple dans ses résultats que nous le supposons, s'il est vrai qu'on peut négliger la très-faible quantité de la matière du ferment qui intervient, il faut de toute nécessité que la composition du sucre soit telle, qu'elle puisse se représenter uniquement par de l'alcool et de l'acide carbonique, puisque ce sont là les

seules matières qui sont produites : il en est ainsi, en effet.

Considérons le glucose : c'est des deux sucres que nous avons étudiés le seul qui fermente; car le sucre de canne, avant de subir la fermentation, passe, ainsi que l'a démontré M. Henri Rose, à l'état de glucose ou sucre de raisin (1).

La composition du glucose peut se représenter par :

Carbone.........	36,4
Hydrogène.......	7,0
Oxygène........	56,6
	100,0

La constitution des corps qui se produisent dans la fermentation étant :

	Alcool anhydre.	Acide carbonique.	Eau.
Carbone......	52,19	27,27	»
Hydrogène....	13,02	»	11,1
Oxygène......	34,79	72,73	88,9
	100,00	100,00	100,0

On voit que la composition de 100 parties de glucose peut s'exprimer par :

			Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.
Alcool.............	46,46	contenant	24,24	6,05	16,17
Acide carbonique...	44,45		12,12	»	32,33
Eau..............	9,09		»	1,01	8,08
	100,00		C. 36,36	H. 7,06	O. 56,58

Ainsi, pendant la transformation du sucre de raisin en alcool et en acide carbonique, l'eau de com-

(1) Henri Rose, *Journal de Pharmacie*, t. XXVII, p. 681.

binaison unie au sucre anhydre est mise en liberté.

Pour que la fermentation saccharine s'effectue, pour que le ferment agisse, il faut le concours de plusieurs circonstances : l'intervention de l'eau d'abord, ensuite une certaine température, dont je crois pouvoir fixer les limites extrêmes à 12° et 40° : du moins j'ai vu fermenter des liqueurs sucrées entre ces deux points de l'échelle thermométrique; enfin, la présence de l'air, indispensable pour décider la fermentation qui, une fois déterminée, continue et s'achève à l'abri de l'atmosphère. M. Gay-Lussac a démontré la nécessité de l'oxygène en faisant arriver une petite quantité de moût de raisin sous une éprouvette pleine de mercure, et placée sur une cuve remplie de même métal; en raison de la différence de densité, le moût occupe la partie supérieure, dans l'intérieur de l'éprouvette; ce liquide, ainsi abrité, restera sans subir aucune modification; mais si l'on introduit dans l'éprouvette une seule bulle de gaz oxygène, la fermentation se manifestera en très-peu de temps, si la température est suffisamment élevée; bientôt, le vase sous lequel se trouve emprisonné le moût se remplira de gaz acide carbonique qui déplacera le mercure. Ce fait intéressant est encore confirmé par une observation de M. Colin, établissant qu'une décoction de levûre de bière faite à chaud, et qui a perdu ses propriétés fermentescibles pour avoir été refroidie dans un vase hermétiquement fermé, les récupère aussitôt après qu'elle a été exposée au contact de l'air. Les principes azotés des plantes ne sont

pas seuls capables de faire naître la fermentation. M. Colin a reconnu que le blanc d'œuf, la colle de poisson, l'urine, la chair musculaire, possèdent la même propriété, quand ils commencent à éprouver une légère altération, lorsque, en un mot, ils sont arrivés à cet état particulier qui constitue les ferments azotés d'origine végétale (1).

Le peu que je viens d'exposer sur ce phénomène, dont la cause est encore si obscure, suffit cependant pour nous faire comprendre comment les sucs végétaux, les moûts sucrés, éprouvent la fermentation vineuse, lorsqu'ils sont placés dans une condition convenable de température. En effet, les sucs qui imprègnent la pulpe des fruits ou le tissu végétal, contiennent généralement du sucre et de l'albumine, les deux éléments nécessaires de la fermentation alcoolique. Ainsi la séve de palmier produit du vin, parce qu'elle renferme du sucre et de l'albumine. Le vesou de la canne fermente par les mêmes causes. La chaleur du climat contribue d'une manière surprenante au prompt développement de la faculté fermentescible dans les matières azotées. J'ai eu plusieurs fois l'occasion de remarquer que le vesou, dans les pays très-chauds, entre en pleine fermentation quelques heures seulement après sa sortie du moulin.

Le *vin de canne*, ou *Guarapo*, est d'un usage habituel dans toutes les contrées où l'on cultive la canne;

(1) Colin, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXVIII, p. 28 et 30, 2e série.

quand il est bien préparé, c'est une boisson très-agréable que l'on consomme à différents états. Le *guarapo dulce* est encore assez sucré : c'est un liquide petillant, saturé de gaz acide carbonique. Le *guarapo fuerte* est le plus apprécié ; il est fortement alcoolique, légèrement acerbe, souvent un peu acide.

La *chicha* est une boisson fermentée que les Indiens préparent avec le maïs. C'est le vin des Cordillières. A Quito, où l'on suit encore exactement le procédé transmis par la race Quichua, on commence par faire tremper le maïs dans l'eau pendant six à huit heures ; ensuite on le broie sur une pierre et on le fait cuire ; la pâte résultant de cette opération est délayée dans environ quatre fois et demie son volume d'eau. La température étant de 16° à 18°, une fermentation des plus tumultueuses se produit dans toute la masse. Quand cette première effervescence est calmée, ce qui a lieu au bout de vingt-quatre heures, la chicha est potable ; c'est une boisson fortement alcoolique et qu'il faut consommer promptement, car elle s'aigrit très-rapidement, circonstance qui sert d'excuse à ceux qui en boivent avec excès. Dans les villes situées sur les hauts plateaux des Andes, la chicha est l'objet d'une industrie très-étendue ; c'est une liqueur d'un goût vineux très-prononcé, très-appréciée par ceux qui y sont accoutumés ; mais son aspect laiteux, le sédiment qu'elle laisse toujours déposer dans les vases, la rendent peu agréable à la vue. Les Indiens la boivent toujours quand elle est trouble ; et pour l'avoir telle, ils agitent le réservoir qui la contient,

avant d'y puiser. La vérité est que la chicha est à la fois un aliment très-nourrissant et une boisson; on voit des hommes occupés aux plus rudes travaux en faire leur nourriture presque exclusive. Les buveurs prétendent qu'elle inspire l'horreur de l'eau. Je puis ajouter que j'ai vu bien rarement un Indien aisé, un cultivateur du plateau de Bogota, se désaltérer avec de l'eau.

Dans la province du Soccorro, à Belez, on confectionne une bouillie de maïs qu'il suffit de délayer dans l'eau pour obtenir de la chicha. Cette bouillie, nommée *masato*, est le maïs cuit et broyé que l'on laisse fermenter en pâte, après y avoir ajouté du sucre. Cette fermentation est très-lente; et quand elle est assez avancée, le masato, qui a la consistance et l'apparence du riz cuit, est mis dans des outres pour être exporté; on en fait un commerce assez considérable. L'usage principal du masato est, comme je l'ai dit, de donner instantanément de la chicha très-forte, par une simple addition d'eau. Cependant on le prend aussi comme aliment, et il n'est pas rare de voir des personnes complétement ivres après en avoir mangé une ou deux assiettées.

Guaruzo. — On fait avec le riz, un aliment alcoolique qui a une certaine analogie avec le masato. C'est le *guaruzo;* on se le procure très-aisément en délayant le riz cuit dans l'eau. La liqueur dans laquelle les grains de riz restent en suspension, fermente lentement et conserve toujours une saveur sensiblement acide.

Pour comprendre comment la fermentation alcoolique peut se produire dans la préparation de la *chicha* et du *guaruzo*, il faut admettre d'abord qu'un commencement de germination, en se développant dans les grains mis à tremper, transforme pendant leur cuisson une partie de l'amidon en glucose ; ensuite on conçoit que l'albumine fasse l'office de ferment.

Cidre et poiré. — Dans les contrées où la vigne n'est pas cultivée, on supplée au vin par le suc fermenté de divers fruits à pulpe sucrée, comme les poires et les pommes.

Des nombreuses variétés de pommes employées à la préparation du cidre, on préfère la pomme amère ; c'est du moins celle que nous cultivons. La récolte du fruit se fait à la gaule. Les pommes sont amoncelées dans de grandes cuves placées dans les celliers. On les écrase sous une meule verticale, deux mois après qu'elles ont été cueillies ; on laisse macérer la pulpe pendant 10 à 12 heures, afin de lui laisser prendre une couleur jaune qui se communique ensuite au cidre. Cette pulpe est ordinairement exprimée sous le pressoir à vin, et le suc se rend dans un réservoir : le marc est repassé sous la meule ; et, pour faciliter la sortie, pour déplacer le suc, on ajoute une certaine quantité d'eau avant de presser. Le suc est ensuite mis dans des tonneaux à larges bondes. Au bout de cinq à six jours, la température du cellier étant de 13° à 14°, la fermentation apparaît et se prolonge pendant environ un mois. C'est alors qu'il convient

de soutirer le cidre et d'en remplir des tonneaux de sept à huit hectolitres. Dans ces tonneaux, la fermentation continue, elle est très-lente; cependant avec le temps, elle finit par transformer en alcool la plus grande partie du sucre. A mesure que cette transformation s'effectue, la saveur sucrée du cidre s'affaiblit; elle est remplacée par un goût vineux plus prononcé. Quand on tient à conserver au cidre une légère saveur sucrée, il faut s'opposer à une fermentation complète. A cet effet, lors du soutirage, on met la liqueur dans des barils d'une petite capacité, dans l'intérieur desquels on a brûlé une mèche soufrée. L'acide sulfureux, comme tous les corps avides d'oxygène, interrompt ou rend encore beaucoup plus lente l'action du ferment. Ordinairement ce cidre est mis en bouteille, où il devient mousseux.

Le cidre nouveau dépose une lie plus ou moins abondante, nuisible à la conservation du liquide fermenté. On n'est pas dans l'usage de soutirer, on croit même généralement que la lie exerce une action salutaire; c'est là une erreur grave, et l'expérience des dernières années nous a prouvé que le cidre gagne beaucoup au soutirage.

En Normandie on admet que 1 hectolitre de pommes rend 30 à 35 litres de cidre. En 1847, année dans laquelle les pommiers ont donné un produit extraordinaire, j'ai fait faire à Bechelbronn quelques expériences sur le rendement des pommes et des poires; on a pressé avec le pressoir à vin.

L'hectolitre de pommes a pesé	51,5 kil.	
L'hectolitre de moût.........	105,0.	
442 kil. de pommes, soit.......	8,58 hectol.	
ont rendu......	221k,03 de moût, ou	210,50 litr.
Le marc a pesé..	220	
	441	
Perte..........	1	
	442 kil.	

Il en résulte que :

L'hectolitre de pommes a rendu.	24,53	litr. de moût.
ou 100 kil. de pommes........	50	kil. de moût.
Marc..............	49,8	
Perte.............	0,2	
	100,0	

La pomme à cidre contient :

Albumine...........	1,00
Sucre et analogues....	12,43
Ligneux.............	2,82
Matière grasse........	0,05
Sels................	0,10
Eau................	83,60
	100,00

L'hectolitre de poires a pesé.	62,50 kil.	
L'hectolitre de moût.......	105,60	
612 kil. de poires, soit......	9,79 hectol.	
Ont rendu.......	330k,3 de moût, soit.	307 litres.
Le marc a pesé...	277,3	
	607,3	
Perte............	4,7	
	612,0	

Par conséquent l'hectolitre de poires a rendu 31,4 lit. de moût,

Ou 100 kil. de poires...	54,0 kil. de moût.
Marc.................	45,3
Perte................	0,7
	100,0

Les marcs de pommes et de poires sont ordinairement jetés au fumier ; on a proposé de les mêler à de la chaux pour les désagréger ; quelques cultivateurs les conservent en fosse, en en faisant une réserve pour la nourriture des animaux ; nous avons reconnu que les porcs mangent volontiers le marc de pommes, pourvu qu'il n'entre pas dans une proportion trop forte dans la ration ; enfin, après dessiccation, il est utilisé comme combustible.

Vin. — Le jus ou moût de raisin contient en dissolution :

1. Du sucre de raisin ou glucose.
2. De l'albumine et du gluten.
3. De la pectine.
4. Une matière gommeuse.
5. Une matière colorante.
6. Du tanin.
7. Du bitartrate de potasse.
8. Une huile volatile odorante.
9. Des sels minéraux.

On voit que le suc de raisin possède tous les éléments propres à faire naître la fermentation alcoolique. Les proportions de ces divers éléments sont d'ailleurs singulièrement modifiées par la nature du cépage, du sol et surtout du climat. Il est peu de cultures aussi sensibles aux variations de l'atmosphère, que l'est celle de la vigne. Dans les vignobles les plus favorablement situés, il est rare de fabriquer plusieurs années de suite des vins également bons ; et dans les contrées placées à la limite productive de la vigne, sous des *climats excessifs*, tels que nous les définirons plus tard, là où les vignobles n'existent qu'à la faveur

d'étés très-chauds, les produits sont encore plus variables, plus inconstants. On pose ordinairement, comme la limite de la culture de la vigne en Europe, les localités dont la température moyenne est de 10° à 11° ; sous un climat plus froid on n'obtient plus de vins potables. A ce renseignement météorologique, il faut ajouter que la chaleur moyenne du cycle de végétation doit être, au minimum de 15°, et celle de l'été de 18 à 19 degrés. Une contrée ne peut avoir que de mauvais vignobles quand elle ne se trouve pas dans ces conditions climatériques, alors même que la température moyenne annuelle est supérieure à celle que j'ai indiquée. C'est ainsi qu'il est peu avantageux de cultiver la vigne sur les plateaux tempérés de l'Amérique méridionale, où l'on jouit cependant d'une température moyenne de 17° à 18°; parce que ce qui caractérise le climat des pays équinoxiaux, c'est la constance de la température : la vigne végète, fleurit, mais les raisins ne mûrissent jamais assez. Dans les contrées équatoriales, on ne peut faire de bon vin que là où la chaleur constante du climat est au moins de 20 degrés.

En France, la végétation de la vigne commence vers la fin de mars, et les vendanges se font le plus ordinairement dans le courant d'octobre. Comme la qualité du vin dépend principalement de la maturité du raisin, on ne doit vendanger qu'alors qu'elle est convenable, ou bien quand on n'a plus aucune chance de voir s'améliorer une maturation incomplète. Lorsqu'il y a plusieurs variétés de cépage dans une vigne,

il arrive assez fréquemment que leurs fruits ne mûrissent pas simultanément : c'est là une circonstance nuisible à la bonté du vin, et qui doit faire critiquer l'admission de céps très-différents dans un même clos.

Les manipulations particulières à la fabrication du vin, bien que différentes suivant les localités, se réduisent cependant à quelques opérations principales, le foulage du raisin, la fermentation du moût, le décuvage, et le pressurage.

Une grappe de raisin, tout le monde le sait, se conserve inaltérée pendant un temps très-long, si ses grains sont intacts. Pour que le suc renfermé dans le raisin entre en fermentation, il faut qu'il ait momentanément le contact de l'air ; de là la nécessité de briser les grains, de rompre les cellules renfermant les principes fermentescibles ; on obtient ce résultat par le foulage.

Dans les récoltes de peu d'importance, le foulage se fait dans la tinette, où le raisin est déposé pour être transporté à dos d'homme dans la cuve. A mesure que les grappes y sont jetées, on les écrase avec une espèce de pilon. Cette méthode n'est praticable qu'autant que le local où doit s'exécuter la vinification est dans le voisinage immédiat de la culture. Lorsque la vendange doit être transportée à une assez grande distance, on peut encore, comme nous le faisons, fouler dans la vigne, afin de diminuer le volume de la matière à transporter. Les appareils nécessaires pour exécuter cette opération se réduisent

à une cuve d'une capacité de quelques hectolitres, servant de réservoir, de plusieurs cuviers ayant le fond percé de trous assez petits et muni d'une trappe. Les grappes sont déchargées dans ces cuviers, placés au-dessus du réservoir sur deux traverses. Le raisin est foulé par le piétinement des enfants; une grande partie du moût s'écoule par les trous. Quand on juge que les grains sont brisés, on ouvre la trappe pour faire tomber dans la grande cuve, où se trouve le moût, les rafles et les pellicules. Le transport du raisin foulé se fait dans des tonneaux de quatre à cinq hectolitres, garnis de trappes à la bonde et à l'emplacement ordinaire du robinet, afin de faciliter le chargement et la vidange. Le moût est déposé dans la cuve à fermenter, qu'on remplit jusqu'aux neuf dixièmes de sa hauteur. La capacité de cette cuve varie nécessairement suivant la masse de matières sur laquelle on opère; mais il est rare que, même dans les vignobles les plus importants, cette capacité dépasse cinquante hectolitres.

Dans certaines contrées, en Bourgogne par exemple, le raisin est mis en cuve sans avoir été foulé; ce foulage se fait alors dans la cuve à fermenter, par des hommes qui trépignent le raisin au fur et à mesure qu'il arrive.

On a proposé d'écraser les grappes avec des machines; on a fait usage de cylindres unis ou cannelés et surmontés de trémies; en maintenant les surfaces des cylindres, à une distance convenable, tous les grains sont uniformément brisés, déchirés: mais tous ces

moyens mécaniques exposent à l'inconvénient grave de rompre les pepins et les râfles, matières qui a, une fois rompues, abandonnent au moût leur trop forte proportion de principes âcres et astringents, nuisibles à la bonne qualité des vins. Enfin, on a recommandé de séparer le grain de la *rafle* avant d'encuver. L'égrappage absolu est une opération dispendieuse et assez longue pour devenir impraticable lorsqu'il s'agit d'une récolte tant soit peu considérable; aussi, en Bourgogne, se borne-t-on quelquefois à terminer le chargement d'une cuve avec des grains séparés de la rafle, dans le but de pouvoir battre plus facilement, pour l'égaliser, la surface de la masse à fermenter. L'égrappage a surtout pour objet de soustraire le moût à l'influence de la rafle, qui communique quelquefois au produit de la fermentation une saveur acerbe; mais l'expérience prouve que, dans certaines limites, le principe astringent est utile, indispensable même à la bonne confection; et l'on sait que le vin obtenu de raisin égrappé se conserve mal, qu'il tend à devenir *filant;* aussi est-il rare de voir pratiquer l'égrappage absolu.

Dans le Palatinat j'ai vu égrapper, en partie, des raisins provenant de cépage de choix, dans le but unique de séparer les grains qui n'avaient pas atteint une maturité convenable; cette séparation est faite assez économiquement au moyen d'un crible rectangulaire, formé par un treillage en fil de fer, dont les mailles sont assez grandes pour donner passage à trois ou quatre grains à la fois. Le crible est mû,

dans le sens horizontal, sur deux traverses bien unies placées sur une cuve ; par ce mouvement de va-et-vient, les raisins mûrs se détachent du corps de la grappe, non pas toujours isolément, mais le plus souvent sous forme de grappillons munis d'une certaine quantité de rafle.

Le raisin foulé placé dans la cuve ne tarde pas à fermenter, surtout lorsque la température du cellier n'est pas au-dessous de 15 degrés centigrades ; à mesure qu'elle se détermine, la température augmente : dans des cuves d'une grande capacité et en plein travail, le thermomètre indique quelquefois 30°. C'est alors que se manifestent tous les signes caractéristiques de la fermentation alcoolique ; les matières solides en suspension, soulevées par le dégagement du gaz acide carbonique, s'accumulent à la surface et forment ce que l'on désigne sous le nom de *chapeau*. L'entrée en pleine fermentation arrive ordinairement le deuxième jour, si les circonstances météorologiques ne sont pas défavorables ; le troisième jour, une grande partie du sucre est déjà transformée en alcool. C'est alors que l'on procède au foulage, en brassant fortement le mélange jusqu'à ce que le *chapeau* soit entièrement immergé dans la masse liquide. Dans les cuves de petites dimensions, le brassage se fait avec une pelle, une fourche, une houe; mais quand on opère sur de grands volumes de moût, dans les cuves de 40 à 50 hectolitres, le foulage s'exécute par des hommes nus qui marchent dans le bain; l'opération n'est pas exempte de dangers à cause de l'action dé-

létère du gaz acide carbonique. Le séjour du moût dans la cuve ne doit pas se prolonger jusqu'à la transformation totale du sucre en alcool; les dernières parties de sucre sont lentes à se transformer, et il y a toujours un grave inconvénient à laisser exposée au contact de l'air une liqueur vineuse douée d'une grande tendance à s'acidifier : aussi décuve-t-on lorsque le dégagement de gaz n'est plus tumultueux, la fermentation pouvant s'achever dans les tonneaux. La vidange se fait, en puisant le vin qui s'infiltre dans un panier enfoncé dans le chapeau; ou bien, et c'est ce qu'on fait pour le décuvage d'une masse peu considérable, en soutirant par une ouverture pratiquée près du fond, le vin tombe d'abord et se filtre dans une passoire en osier. Le liquide soutiré est mis dans des fûts qu'on ne charge qu'auxquatre cinquièmes de leur capacité et qu'on laisse débouchés pendant quelques jours, parce que la fermentation y continue encore avec une certaine activité.

Les rafles, les débris de grappes, le chapeau, en un mot, le résidu du décuvage est porté au pressoir; le vin de presse est un peu plus astringent que celui provenant du soutirage; on réunit les deux produits.

Le procédé qu'on vient de décrire donnera des vins rouges, si l'on a traité des raisins rouges, et des vins légèrement jaunes si l'on a traité des raisins blancs; la matière colorante de la pellicule du grain étant soluble dans l'alcool, se dissout dans le moût à mesure qu'il devient alcoolique : la fermentation sur la rafle est donc indispensable lorsqu'on veut obtenir

un vin coloré, et pour les vins rouges, la coloration sera d'autant plus intense, que le moût sera resté plus longtemps en contact avec le marc. Aussi obtient-on avec les raisins rouges et à plus forte raison avec des raisins blancs, du vin non coloré, en ne laissant pas fermenter longtemps sur la râfle. Pour confectionner nos vins provenant de cépages du Rhin, nous laissons à peine fermenter en cuve lorsqu'il y a du raisin rouge dans la récolte; mais, en agissant ainsi, on prive le vin de certaines propriétés que lui communique la râfle; aussi trouve-t-on qu'il se *fait* moins bien, en veillissant, que celui dont le moût a séjourné plus de temps sur la grappe.

Les soins apportés aux travaux de la vendange ont de l'influence sur la qualité des produits; faute de soins, on obtient des vins très-médiocres avec le raisin des meilleurs cépages. Il faut d'abord veiller à ce que les cuves, les fûts, les tonneaux soient maintenus dans un grand état de propreté, et durant le travail de la cuve, comme pendant la conservation, on doit s'appliquer à laisser la liqueur vineuse le moins possible en contact avec l'air, parce que tous les liquides fermentés tournent facilement à l'aigre en absorbant l'oxygène de l'atmosphère ; l'acidité contractée par certains vins, pendant la fermentation ou pendant la conservation, n'a pas d'autre origine, aussi c'est pour prévenir l'acescence qu'on a recommandé d'opérer la fermentation en vases clos, ou plutôt de clore les cuves aussitôt après qu'elle a commencé.

Les couvercles, fixes ou flottants, tous les appa-

reils suggérés par la théorie pour soustraire le moût au contact de l'air, ou pour prévenir la déperdition de l'alcool pendant la vinification, n'ont pas répondu à ce qu'on en attendait, et la vieille méthode, consistant à laisser intact le *chapeau* du moût, jusqu'à ce que la fermentation soit suffisamment avancée, est celle qu'on suit généralement. Le *chapeau* suffit pour préserver le moût de l'action de l'atmosphère, quand on ne le brise pas chaque jour comme on le pratique quelquefois pour hâter la fermentation. A l'abri des écumes accumulées à sa surface, la masse ne reçoit aucune impression de l'air; mais il n'en est pas ainsi du liquide, qui, imbibant le *chapeau*, se trouve évidemment dans les conditions les plus efficaces pour que l'alcool qu'il contient s'acidifie; cette altération du chapeau de la vendange ne s'arrête pas toujours là, les matières azotées éprouvent quelquefois un commencement de putréfaction; il s'y développe une odeur nauséabonde, et il n'est pas rare, dans des circonstances extrêmes, d'y voir naître des moisissures. On comprend dès lors dans ce cas, tous les inconvénients qui peuvent résulter, pour la qualité des vins, de l'introduction du *chapeau* dans le moût, quand on vient à le refouler dans la cuve; mais un propriétaire de vignes fort instruit, M. de Vergnette-Lamotte (1), s'est assuré que cette altération n'est que superficielle, ou du moins ne pénètre qu'à une faible profondeur; aussi pour soustraire avec

(1) Mémoire sur la viticulture et l'œnologie de la Côte-d'Or.

certitude le vin à ces principes acides, ou morbides, il suffit d'enlever soigneusement la partie extérieure du *chapeau* sur une épaisseur de 10 à 15 centimètres, avant de procéder au foulage.

La mauvaise qualité du vin peut dépendre d'un manque de force ou de trop d'acidité ; ces deux défauts sont même le plus souvent réunis. Le vin contient surtout un excès de tartrate acide de potasse, quand il provient d'un raisin qui n'a pas mûri suffisamment. On parvient à augmenter la teneur en alcool d'un vin, en introduisant du sucre dans le moût. Aujourd'hui, les vignerons ne considèrent plus comme une fraude l'emploi du glucose, ou, ce qui est préférable, du sucre de canne. C'est une pratique qui s'étend chaque jour davantage. C'est au reste se former une idée bien fausse de la véritable constitution du vin, que de baser sa qualité uniquement sur la richesse en esprit, de ne voir dans la *vinification* du moût, rien autre chose que le changement du sucre en alcool. Il se produit, en outre, des combinaisons entre les acides libres et l'alcool, de véritables éthers, contribuant, avec les huiles essentielles particulières au raisin, à développer les parfums si variés, les bouquets des vins. Ces principes fugaces existent en si faible proportion, ou ils sont si facilement détruits, qu'ils échappent à l'analyse, qui, malgré les prétentions des chimistes, n'est jamais qu'un grossier instrument lorsqu'il s'agit d'apprécier les infiniment petits, si perceptibles, cependant, aux organes du goût et de l'odorat. Il faut opérer sur des masses

considérables de matières pour parvenir à recueillir les principes éthérés qui exaltent l'odeur et la saveur caractéristiques des produits de certains vignobles. Il est d'autant plus vraisemblable que l'arome des vins provient en grande partie de l'éthérisation de l'acool par les acides libres, qu'il est d'observation qu'avec des raisins extrêmement mûrs, très-sucrés, et sans aucune acidité, comme on en récolte dans les années très-chaudes, on obtient souvent un vin fortement spiritueux, mais à peu près dépourvu d'arome; tandis que le parfum, le bouquet manque rarement de se développer dans les vins obtenus avec des raisins dont le suc conserve toujours un certain degré d'acidité. M. Vergnette-Lamotte explique ainsi comment le vin soutiré de la cuve, le *vin de goutte*, est plus spiritueux, mais moins odorant que le vin plus acide extrait par le pressurage.

Dans les climats où le raisin mûrit toujours, la quantité de bitartrate de potasse est peu considérable : c'est alors le sucre qui domine, et quelquefois dans une telle proportion, que la substance azotée du moût est insuffisante comme ferment ; il en résulte des vins d'une saveur sucrée trop prononcée : tels sont les vins de Lunel, de Frontignan. J'ai fait usage d'un vin semblable préparé sur la côte du Pérou, dans un des climats les plus chauds où la vigne soit cultivée, puisque la température moyenne et constante du vignoble est d'environ 26° ; c'est au reste un produit fort médiocre, et de beaucoup inférieur aux vins doux, *vinos dulces*, d'Espagne, du

Portugal et du Chili. Lorsque ces moûts riches en sucre renferment la dose convenable de ferment, ils donnent des vins extrêmement alcooliques, dans lesquels on ne perçoit plus la saveur sucrée : tels sont les vins secs des vignobles méridionaux, dont le *Madère* peut être pris pour type.

La conservation des vins ne demande pas moins de soin que la fabrication ; la vinification continue d'ailleurs dans les fûts, alors que toute fermentation apparente a cessé ; c'est probablement là que s'effectue une sorte d'éthérisation. Le travail intestin est si peu terminé, alors même que le gaz carbonique ne se dégage plus, qu'il se forme, peu à peu, un dépôt assez abondant de lie. Il importe de ne pas laisser le vin trop longtemps en contact avec ce dépôt ; de là, l'obligation des soutirages. Après la mise en fût, un remplissage et une clôture parfaite, nous soutirons une première fois en mars, et une seconde fois en août. Ensuite on soutire annuellement au printemps, pendant la seconde et la troisième année ; alors on ne soutire plus, à moins que le vin ne vienne à se troubler ; dans le Palatinat, où l'œnologie a fait de grands progrès, on a reconnu que les soutirages fréquents sont très-utiles ; on procède ainsi dans les bonnes caves.

Premier soutirage, en janvier ou février, dès que le vin s'éclaircit.

Deuxième soutirage, au commencement d'avril, dès que le vin est limpide, c'est lorsque la vigne fleurit.

Troisième soutirage, en août, lorsque le vin *tourne*,

c'est-à-dire, lorsqu'il devient légèrement trouble.

Quatrième soutirage, après la vendange, époque à laquelle le vin est redevenu calme et clair. Dans la deuxième année on ne fait que deux soutirages, au printemps et au commencement d'août. On ne soutire plus dans la troisième année, le vin est fait et son amélioration ne dépend plus que du temps.

Il est des vins qui participent à la fois des propriétés qui distinguent les deux espèces que je viens de mentionner ; comme ils sont très-alcooliques en même temps que sucrés, on les connaît sous le nom de vins de liqueur ; le Xérès, l'Alicante, peuvent être cités comme exemple. Plusieurs de ces vins sont des *vins cuits*, c'est-à-dire que pour les obtenir, on ajoute au moût, tel qu'il sort du foulage, une certaine quantité du même moût, réduit par l'évaporation au quart ou au cinquième de son volume primitif. La concentration du moût est, on le conçoit, un moyen d'augmenter relativement sa proportion de sucre ; mais c'est une opération que ne supporte pas aussi bien le jus d'un raisin acide, par la raison que l'acidité s'accroît aussi par la cuite. L'acidité pourrait même devenir intolérable, si les vins fortement alcooliques ne laissaient pas indissoute une grande partie du bitartrate de potasse qui se trouvait dans le moût.

La concentration du suc du raisin s'obtient, dans quelques circonstances, par la dessiccation. C'est ainsi qu'en Hongrie, le vin de Tokai est fait avec du raisin resté sur le cep après la maturité. Lorsque les grains ont acquis une couleur brune, qu'ils sont ri-

dés, on en extrait un moût très-chargé de sucre, après avoir pris le soin de séparer tous ceux qui sont verts ou gâtés. Dans les climats moins favorisés, quand les pluies d'automne s'opposent à la dessiccation du raisin sur le cep, on arrive à peu près au même résultat, en l'étendant sur un lit de paille, dans des greniers bien aérés, retournant fréquemment les grappes, et recherchant avec une attention minutieuse les grains imparfaits ou avariés. C'est avec le moût de ce raisin qu'on prépare certaines espèces de vins alcooliques et sucrés nommés *vins de paille*.

Les vins séparés du marc et mis en tonneaux laissent déposer, avec le temps, un sédiment abondant, la lie dans laquelle domine toujours le bitartratre de potasse. Ce dépôt paraît être la conséquence d'un accroissement dans la proportion d'alcool. L'alcool peut augmenter par deux causes : d'abord par la fermentation intestine, presque insensible, qui se prolonge après le soutirage ; ensuite par la conservation même des vins faits. On sait, pour peu qu'on se soit occupé d'œnologie, que le vin mis dans des futailles bien fermées et placées dans un cellier suffisamment aéré, éprouve une évaporation très-perceptible ; de temps à autre il faut remplir les pièces, même celles qui sont assez parfaitement conditionnées pour ne permettre aucune fuite. La perte a donc lieu à travers les pores du bois, et pour bien faire comprendre les conséquences qui se laissent déduire de ce genre d'évaporation, je dois rapporter un fait curieux observé par Sœmmering.

Certains tissus organiques possèdent la propriété de se laisser mouiller plus facilement et plus complétement par l'eau que par l'alcool. Si, par exemple, on remplit entièrement une vessie avec de l'eau-de-vie, et qu'ensuite on la suspende dans un courant d'air, voici ce qui arrivera : la vessie se videra en partie, et au bout de quelques semaines, le liquide sera réduit à la moitié de son volume. Jusqu'ici on ne voit qu'un effet de la perméabilité de la membrane de la vessie; cette membrane est perméable sans doute, mais si l'on examine le liquide restant, on le trouvera fort différent de celui qui y a été introduit d'abord. Ainsi, à la place de l'eau-de-vie faible, on aura de l'alcool très-fort. Le liquide qui a pénétré dans le tissu de la membrane pour l'imbiber et se dissiper ensuite, était en grande partie de l'eau.

Cette perméabilité des tissus d'origine animale se retrouve encore, quoiqu'à un moindre degré, dans les tissus végétaux. Le bois d'un tonneau se comporte à l'égard du vin qui s'y trouve renfermé, comme la vessie se comporte à l'égard d'un liquide spiritueux. La surface externe d'une futaille mise dans un endroit bien aéré, tend à se dessécher et se dessécherait en effet, si le vin ne remplaçait continuellement l'humidité évaporée ; mais en vertu de la propriété que j'ai signalée, ce remplacement se fait par de l'eau, et le liquide contenu dans le tonneau, s'enrichit de presque tout l'alcool qui était mélangé avec l'eau dissipée par évaporation. C'est ainsi que je

conçois comment le vin devient plus généreux, en vieillissant dans les celliers. Il est certain, comme je l'ai dit, que l'amélioration des vins dépend, en partie, de combinaisons chimiques mal étudiées jusqu'à ce jour, et qui se réalisent avec le temps ; mais une fois la fermentation complétement terminée, on ne peut guère expliquer l'augmentation de l'alcool que par les principes que je viens de poser. Cette concentration de l'alcool dans les vins a probablement encore lieu lorsqu'ils sont en bouteilles, par la raison que le liége n'est pas tout à fait imperméable à l'eau, et qu'il se conduit comme un tissu ligneux ; la diminution du volume des vins conservés en bouteilles couchées, de manière à ce que le liquide mouille sans cesse la face interne du bouchon, est une preuve en faveur de cette opinion, qui se trouve encore corroborée par la précipitation d'une certaine quantité de bitartrate de potasse, précipitation due très-probablement à la concentration de l'alcool du vin. Dans les tonneaux, le dépôt de lie est souvent assez considérable, au bout d'un certain temps, pour qu'il soit nécessaire de soutirer les vins destinés à la consommation. Comme on pouvait le prévoir, la *lie* contient beaucoup de bitartrate de potasse réuni à plusieurs autres sels et aux principes azotés du moût. C'est ce que nous apprend l'analyse faite par M. Braconnot (1) : la lie desséchée examinée contenait :

(1) Braconnot, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXVIII, p. 68, 2e série.

Bitartrate de potasse	65,7
Tartrate de chaux	5,3
Tartrate de magnésie	0,4
Phosphate de chaux	6,0
Sulfate et phosphate de potasse	2,8
Substance animale (azotée)	20,7
Matières grasses	2,1
Matière colorante, gomme, tanin	traces.
	100,0

Les vins faits sont sujets à certaines altérations ou *maladies* contre lesquelles on applique avec plus ou moins de succès des remèdes convenables.

La *pousse* est un mouvement fermentescible qui, en se développant subitement dans le fût, détruit les quelques centièmes de sucre échappés à la première fermentation; le vin acquiert alors une saveur amère. La *pousse* se manifeste surtout dans les tonneaux qui n'ont pas été soufrés; on arrête cette fermentation inopportune, en transvasant dans des barriques où l'on a fait brûler une mèche enduite de soufre.

Les vins qui ne contiennent pas une dose convenable de tanin sont disposés à prendre une consistance visqueuse; ils deviennent *filants*, ils coulent à la manière de l'huile. On attribue cette modification à la *gliadine*, principe albumineux soluble dans l'alcool faible, comme dans une solution d'acide tartrique. J'ai vu cette maladie se déclarer dans un vin blanc, fait avec un moût très-sucré qui n'avait pas fermenté sur la rafle. La gliadine, comme tous les principes azotés végétaux, est précipitée par le

tanin ; aussi un chimiste qui a publié de judicieuses observations sur les altérations des vins, M. François, recommande-t-il pour faire disparaître leur viscosité, d'ajouter une substance végétale contenant du tanin ; le sorbier mûr, par exemple, en raison de son astringence, produit un bon effet à la dose de 500 grammes par barrique ; l'addition d'une faible proportion du tanin des chimistes produit le même résultat, un demi-gramme par litre suffit ; on colle ensuite avec de la colle de poisson pour précipiter l'excès de tanin qui aurait pu être introduit. J'ai vu, dans nos caves, combattre la viscosité en battant le vin avec des verges de bouleau ; il est évident que l'effet utile de cette opération doit être attribué au tanin contenu en assez forte proportion dans l'écorce des brins de bouleau.

Les vins ayant eu de la verdeur dans leur jeunesse, particulièrement ceux des cépages de l'Alsace, du Palatinat et des bords du Rhin prennent souvent, en vieillissant, une acidité très-prononcée due à l'acide tartrique accumulé dans la liqueur à mesure que les parties aqueuses s'évaporent par les pores des tonneaux. Le vin vieux est alors très-alcoolique et très-acide. On enlève cet excès d'acidité par l'emploi du tartrate neutre de potasse qui, en s'unissant à l'acide libre, forme de la crème de tartre très-peu soluble. Ce procédé est employé depuis longtemps avec succès.

Quand, par suite d'une mauvaise conservation, l'acidité est occasionnée par la présence du vi-

naigre, M. Fauré conseille de coller le vin avec du lait crémeux ; le caséum du lait forme en effet, avec l'acide acétique, un composé insoluble, et l'on conçoit que par ce moyen le vin perde son acidité.

Les vins de première année sont généralement assez sucrés, alors même que la fermentation s'est arrêtée. M. Frésénius a trouvé de notables proportions de glucose dans les vins du Rhin.

	HOHENHEIM.	MARKOBRUNN.	STEINBERG.	STEINBERG (1re qualité).
Eau	85,08	83,68	84,38	79,28
Matières extr., sels..	0,07	0,13	0,57	1,50
Sucre de raisin (gl.).	3,58	4,52	4,49	8,63
Acide tartrique libre.	0,56	0,53	0,50	0,42
Alcool...........	10,71	11,14	10,06	10,17

De ses recherches M. Frésénius conclut 1° que le vin est d'autant meilleur qu'il renferme moins d'acide libre, et qu'il contient plus de sucre ; 2° que la bonté des vins du Rhin ne dépend pas, comme on le croit généralement, de la richesse en alcool; ces vins, si riches en sucre, n'avaient pas encore subi la fermentation complémentaire; aussi, en juillet, étaient-ils tous devenus mousseux.

C'est durant cette fermentation lente que disparaît la plus grande partie du sucre, et comme il paraît démontré que cette substance, en petite quantité, ajoute à la bonté du vin, on est conduit à penser qu'il

est avantageux de conserver les fûts dans des caves possédant une assez basse température, afin de ne pas favoriser la destruction des dernières parties du glucose.

L'amélioration du vin, dans les circonstances ordinaires, est l'effet du temps et des soins apportés dans la conservation. Cependant cette amélioration peut être obtenue par un abaissement de température, par la gelée. Le vin ne se solidifie entièrement que par un froid extrêmement intense, mais, à une température de quelques degrés au-dessous de 0, la congélation a lieu partiellement, c'est-à-dire qu'il se forme de la glace avec les parties les plus aqueuses; il en résulte que la partie fluide tend à devenir plus alcoolique. Le refroidissement opère ainsi une sorte de départ entre l'alcool et l'eau. Ces faits sont très-anciennement connus des vignerons, mais jusqu'à ce jour, on ne les avait peut-être pas décrits avec assez d'exactitude.

M. de Vergnette-Lamotte fait remarquer avec beaucoup de raison que le froid exerce sur le vin une action complexe. Ainsi, sous l'influence d'une température comprise entre 0 degrés et — 6° centigrades, on obtient d'abord une précipitation partielle des substances dissoutes dans le vin, parce que la solubilité de ces substances diminue avec l'abaissement de la température. Au-dessous de — 6 degrés une portion de vin se solidifie, et cette portion plus aqueuse que celle qui ne se congèle pas, peut-être séparée par un soutirage. On ne doit exposer le vin

à la gelée, qu'alors qu'on est à peu près certain d'avoir pendant la nuit un froid de — 9 degrés ; pour le climat de la Bourgogne, M. de Vergnette-Lamotte donne comme pronostic un ciel sans nuage, la terre couverte de neige, un vent de bise, le baromètre haut, en même temps que le thermomètre indique au plus — 6 degrés au coucher du soleil.

On établit les tonneaux sur un terrain sans abri, ouvert au nord. Il est avantageux qu'au midi il y ait un mur peu élevé; c'est sur un chantier placé le long de ce mur qu'on range les futailles sur une seule ligne.

Le refroidissement étant d'autant plus prompt que la masse à refroidir est moins considérable, il est préférable d'exposer des fûts d'une faible capacité ; dans des quartauts de 57 litres, la congélation sera plus sûre que dans des feuillettes de 114 litres : M. de Vergnette Lamotte rappelle à cette occasion, qu'en février 1845, le même vin, en tonneau, dans des circonstances égales d'exposition, n'éprouva qu'une congélation de 7 pour 100 ; tandis qu'en quartauts, le déchet par la congélation s'éleva à 20 pour 100.

Quand on agit sur des vins nouveaux, il est sinon indispensable, du moins convenable, de les soutirer préalablement pour enlever leur grosse lie. Cette précaution n'est pas nécessaire pour les vins vieux. Comme l'eau, en se congelant, augmente de volume, il ne faut point négliger de laisser un certain vide dans la futaille ; le bondon ne doit pas être fixé, mais seulement posé.

Ces dispositions prises, on reconnaît à l'aide du thermomètre, que vers 0 degré, le vin commence à se troubler; à 6 degrés au-dessous de 0, de minces cristaux apparaissent sur les parois des tonneaux; si le froid devient plus intense, ces cristaux laminaires, beaucoup plus nombreux, se croisent en tous sens dans le liquide. Cette abondante congélation se réalise en un ou deux jours, quand la température descend à 15 degrés. Il faut alors s'empresser de soutirer; si l'on attendait que la température vînt à s'élever, on courrait le risque de restituer au vin les substances qui s'en étaient séparées par l'action du froid; par exemple, lorsque la masse serait revenue à 6 degrés, la plus grande partie des cristaux se liquéfieraient.

Le soutirage doit être exécuté, sans qu'on imprime la moindre secousse au tonneau, afin de ne pas briser, de ne pas entraîner les minces lamelles congelées embrassant le liquide comme une sorte de réseau d'une extrême fragilité.

Quoi qu'on fasse, cependant, une faible partie des matières précipitées par le froid resteront en suspension; comme il est important qu'elles soient exclues, il est à désirer que le vin soutiré soit maintenu en repos à une température n'excédant pas 0 degrés; il s'éclaircit promptement, en laissant déposer une matière noire, très-consistante; un mois ou six semaines après on soutire de nouveau, et l'on descend le vin dans les caves.

On enlève les lamelles de glaces restées dans la futaille après le soutirage, en soulevant un fond. La

glace adhérente est détachée à l'aide d'un balais. On constate dans le premier dépôt occasionné par l'abaissement de la température, une forte proportion de bitartrate de potasse, qui ne se serait déposée qu'après plusieurs années; ce dépôt contient en outre de la matière colorante bleue et des substances azotées. Le vin est devenu plus *vif*, sa couleur est agréable à l'œil, il est bien moins disposé à subir la fermentation lente; à l'avenir, il déposera très-peu soit dans les fûts, soit dans les bouteilles; si le *vin gelé* perd un peu de son bouquet, il acquiert un léger goût de raisin cuit, qui ajoute à sa qualité; et, de plus, il est d'une durée presque indéfinie; il est en outre plus alcoolique après sa congélation. Cette dernière amélioration est toute naturelle; mais M. de Vergnette-Lamotte a constaté ce fait curieux, que l'excédant de richesse alcoolique ne correspond point au déchet occasionné par l'élimination des parties congelées qu'on devait supposer très-aqueuses.

On verra, dans le tableau suivant, quelle était, avant et après la congélation, la proportion d'alcool absolue contenue dans les vins soumis à l'action du froid.

TABLEAU

ORIGINE DES VINS.	PROPORTION D'ALCOOL AVANT la congelation.	PROPORTION D'ALCOOL APRÈS la congelation.	DÉCHET P. 100 par la congelation.
Premiers crus 1837.	11,50	12,12	12
Id. 1841.	12,27	12,61	7
Id. 1842.	12,70	13,10	7
Prem. crus blancs 1841.	12,60	13,17	7 1/2
Id. 1842.	13,20	14,65	20
Grand ordinaire 1844.	10,50	10,97	8

M. de Vergnette-Lamotte, a retrouvé dans la partie congelée, la quantité d'alcool qu'avait perdue le vin resté liquide. La présence de l'alcool dans les cristaux de glace, est due peut-être à ce qu'ils sont imprégnés du vin plus chargé d'alcool qui a résisté à la gelée. Ce qu'il y a de certain, c'est que cette glace n'est pas formée d'eau à peu près pure comme on le supposait; et, par le fait, comme on le reconnaît dans le précédent tableau, la congélation n'a pas pour effet principal d'augmenter la proportion d'alcool dans le vin.

M. de Vergnette Lamotte estime que pour les soutirages, le transport, l'enlèvement de la glace, les frais ne s'élèvent pas au-dessus de 1 fr. 55 c. par pièce. Quant à la perte résultant du déchet, elle est amplement payée par la valeur qu'acquièrent les vins gelés; en effet, un déchet de 7 à 10 pour 100 correspond toujours à une augmentation de prix de 15 à 20 pour 100.

Bien que la congélation du vin conduise à des résultats avantageux, M. de Vergnette-Lamotte ne pense pas qu'il convienne de l'appliquer, soit aux vins communs se consommant dans l'année, soit à ceux des grands crus ayant déjà toutes les conditions désirables de goût et de durée; mais il est des vins aussi embarrassants pour le producteur que pour le consommateur; tels sont ceux qui, dans les années peu favorables à la végétation de la vigne, sont récoltés dans les bons crus; ces vins s'améliorent par la gelée parce que le froid produit sur eux des effets bien autrement avantageux que le *sucrage*, dont l'effet, le plus souvent, est de donner des produits d'une santé douteuse.

C'est en distillant les moûts qui ont subi la fermentation alcoolique que l'on obtient l'eau-de-vie. Les eaux-de-vie reçoivent généralement dans le commerce une dénomination indiquant leur origine. Telles sont celles de vin, de grains, de fécule, de cerises, de prunes, le rhum extrait du *guarapo* ou vin de cannes. Leur préparation repose sur la propriété qu'a l'alcool d'être beaucoup plus volatil que l'eau. On conçoit dès lors qu'en distillant avec quelques précautions un vin, un suc fermenté, l'alcool se trouve en plus forte proportion dans les premières parties de la liqueur condensée dans le réfrigérant de l'alambic. A un certain moment de la distillation, la totalité de l'alcool sera volatilisée, et il ne restera plus dans la cucurbite que de l'eau tenant en dissolution les principes fixes du vin. La liqueur spiritueuse qui se

condense successivement, pendant toute la durée de l'opération, n'est pas toujours au même degré de force; il arrive même un instant où le produit doit être rejeté comme trop aqueux. On peut, par un mélange convenable des liqueurs très-alcooliques avec celles qui le sont moins, obtenir une eau-de-vie d'un degré moyen. On peut encore, et c'est ce qu'on pratique sur les eaux-de-vie faibles, redistiller, de manière à retirer la partie la plus spiritueuse.

Le marc de raisin en sortant du pressoir est encore imprégné de vin; il est avantageux de le soumettre à la distillation, soit qu'on le destine au bétail ou qu'on l'utilise comme engrais. On admet que le marc provenant d'une quantité de raisin dont on a retiré un hectolitre de vin, donne de 1 à 3 litres d'eau-de-vie à 19°5 de Cartier, ou à environ 53 degrés centésimaux; le rendement en eau-de-vie est d'autant plus élevé que le marc a été mieux conservé. Dans une distillation d'hiver, nous n'avons guère obtenu qu'un hectolitre d'eau-de-vie du marc résidu d'une récolte de 100 hectolitres de vin. Le procédé qu'on suit généralement pour la distillation des marcs de raisin est lent, dispendieux par le combustible qu'il exige. Le produit est en outre de très-mauvaise qualité. D'après M. Puvis, tous ces inconvénients disparaissent par l'emploi de l'appareil à distillation continue imaginé par M. Villard.

En distillant le marc de 720 hectolitres de vin, M. Puvis a obtenu 13 hectolitres d'eau-de-vie à 20°,5

de Cartier. La distillation a duré quatre jours. On a dépensé :

24 journées d'hommes..........	36 fr.
1100 kilogr. bois sec et fendu......	25
Huile et menus frais............	5
	66

soit à peu près 5 centimes par litre. M. Puvis estime que, par la méthode ordinaire, il eût fallu six à sept fois plus de temps, trois fois plus de main-d'œuvre et quatre fois plus de combustible (1).

Les eaux-de-vie sont caractérisées par certaines odeurs, par une saveur particulière, provenant de principes volatils, d'huiles essentielles, des éthers préexistants dans les fruits, ou qui ont pris naissance durant la fermentation du moût. Ces principes communiquent aux produits l'arome et le goût que les consommateurs apprécient dans les eaux-de-vie de vin, dans le rhum, le *kirschenwasser*, le *quetschenwasser*, le *wiskey*. La saveur désagréable, l'âcreté, l'odeur repoussante de l'eau-de-vie de pommes de terre et de certains esprits retirés des grains, sont dues également à des huiles essentielles, et souvent aussi aux principes empyreumatiques que développe une distillation faite sans précautions sur des moûts épais, visqueux, qui s'attachent au fond des cucurbites et éprouvent le commencement d'une décomposition pyrogénée.

L'esprit de vin qu'on retire des moûts fermentés

(1) Puvis, *Journal d'Agriculture*, t. V, 2e série.

est toujours plus ou moins aqueux, quelque précaution qu'on apporte d'ailleurs dans l'opération et quelque nombreuses que soient les rectifications. Pour obtenir l'alcool pur, l'alcool anhydre des chimistes, il est indispensable de distiller l'esprit de vin en présence de corps assez avides d'eau pour la retenir, malgré la température à laquelle se fait la distillation. On peut faire usage de chaux vive; et comme il importe qu'elle soit divisée, on calcine dans un creuset, à la chaleur rouge, de la chaux éteinte et pulvérulente. Pendant qu'elle est encore chaude, on l'introduit dans la cucurbite d'un alambic ou dans une cornue de verre; quand cette chaux est complétement refroidie, on verse dessus un poids égal au sien d'alcool ordinaire, et on laisse digérer le mélange durant vingt-quatre heures, puis l'on distille avec lenteur à la chaleur du bain-marie. Le premier produit est de l'alcool pur. Les dernières portions renferment encore un peu d'eau. On doit au reste, pour plus de sûreté, répéter la rectification.

L'alcool anhydre, l'alcool absolu, comme on le désigne communément, est un liquide très-fluide, incolore, extrêmement volatil et doué d'une odeur suave assez pénétrante. Possédant une grande affinité pour l'eau, il l'enlève aux corps organisés en racornissant leurs tissus; aussi sa saveur est brûlante, et il cause la mort quand il est ingéré dans l'estomac.

La pesanteur spécifique de l'alcool, comparée à celle de l'eau prise pour unité, est de 0,7947, à la température de 15°. On n'a pas réussi à le congeler

en le soumettant à un froid de 59° au-dessous de 0. Suivant M. Gay-Lussac, il entre en ébullition à 78°,4 sous la pression atmosphérique de $0^m,76$. Il est très-combustible, alors même qu'il contient une assez forte proportion d'eau; tout le monde sait avec quelle facilité s'enflamment l'esprit de vin et l'eau-de-vie.

L'alcool ayant une pesanteur spécifique très-faible, on comprend que la densité d'un esprit de vin sera d'autant plus élevée, se rapprochera plus de celle de l'eau, qu'il contiendra une plus forte proportion de ce liquide. Toutefois, il est impossible de conclure de cette densité les quantités relatives des deux liquides mélangés, par la raison qu'en s'unissant, l'alcool absolu et l'eau se contractent toujours. Ainsi, quand on mêle des volumes connus d'alcool pur et d'eau, le volume du mélange n'est pas représenté par la somme des volumes partiels.

Suivant Rudberg (1), dans 100 volumes d'alcool d'une densité de 0,9275 prise à la température de 15°, il entre réellement

53,94	volumes d'alcool absolu.
49,84	volumes d'eau.
103,78	

D'où il suit qu'il y a eu une contraction de 3,78 volumes : c'est à peu près là le maximum de condensation.

(1) Rudberg, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XLVIII, p. 33, 2e série.

Il est important, dans les transactions commerciales, de pouvoir déterminer rapidement la richesse en alcool des esprits ou des eaux-de-vie, d'autant plus qu'en France, par exemple, la loi exige que les droits sur ces liquides soient perçus d'après la quantité d'alcool qu'ils renferment en volume. C'est dans ce but d'utilité que M. Gay-Lussac a construit un alcoograde indiquant, dans de l'esprit de vin, le volume d'alcool absolu qui s'y trouve. Les indications de cet instrument ne sont rigoureuses que pour la température de 15°, mais on a construit des tables pour ramener à ce degré thermométrique les déterminations faites à une température différente. L'alcoograde, plongé dans l'alcool pur, marque 100° ou 100 centièmes ; dans l'eau, il indique 0. Sa construction est telle, que, si après l'avoir plongé dans de l'eau-de-vie, il s'y enfonce jusqu'à ce que le niveau du liquide affleure une division de l'échelle marquant, par exemple, 55°, on en conclura que dans 100 volumes de cette eau-de-vie, il entre 55 volumes d'alcool absolu. Si j'ai insisté sur les principales propriétés de l'alcool, et si j'ai signalé l'alcoograde centésimal, c'est surtout pour faire bien saisir l'utilité de cet instrument, lorsqu'il s'agit d'apprécier la qualité des vins sous le rapport de leur richesse en alcool. De toutes les méthodes proposées pour arriver à cette appréciation, aucune ne comporte la précision que permet celle qui a été recommandée par M. Gay-Lussac.

Pour déterminer la quantité d'alcool contenue

dans une liqueur fermentée, on introduit dans un petit appareil distillatoire, dans une cornue de six décilitres, le liquide qu'il s'agit d'examiner. On distille avec soin, et l'on reçoit le produit dans un récipient jaugé de manière à retirer exactement le tiers du liquide sur lequel on opère. L'alcoograde plongé dans la liqueur distillée, indiquera en centièmes le volume d'alcool absolu. Or, comme ce liquide n'est que le tiers de la liqueur fermentée introduite dans la cornue, il est clair qu'il faudra diviser par trois l'indication de l'alcoograde. Si, par exemple, l'instrument signale 36 volumes d'alcool réel dans cent volumes du produit de la distillation, il est de toute évidence que le vin essayé en contient douze volumes sur cent : douze litres par hectolitre. J'ai réuni dans un tableau la teneur en alcool des vins et liqueurs spiritueuses les plus répandus dans la consommation :

Tableau.

TABLEAU
DE LA TENEUR EN ALCOOL DES VINS ET LIQUEURS SPIRITUEUSES.

	ALCOOL POUR 100 EN VOLUME.	AUTORITÉS.
Eau-de-vie de vin, commune...	47,4	
— de grain, commune.	39,9	
— de grain, d'Irlande..	68,5	Beck.
Genièvre de Hollande.....	51,5	
Vins : Porto..................	21,0	
Porto........................	18,4 à 23,2	
Madère.......................	16,7 à 20,4	
Madere rouge.................	15,8	Brandes.
Madère du Cap	15,6	
Bucellas	17,5	Beck.
Cascavello	15,6	Brandes.
Vin d'Espagne brun...........	16,8	Beck.
Malaga	14,9	
Xérès........................	15,8 à 16,1	
Lisbonne.....................	15,7	
Lacryma-Christi	17,0	
Constance....................	17,0	
Syracuse.....................	13,2	
Tokay........................	9,7	Brandes.
Vins du Rhin.................	7,4 à 12,4	
Grave	10,1	
Roussillon...................	14,9	
Frontignan...................	11,0	
Bordeaux rouge...............	11,2 à 14,0	
Château-Margaux	10,6	Beck.
Côte-Rôtie	10,6	Brandes.
Sauternes....................	12,1	Beck.
Vins de Bourgogne............	10,2 à 11,4	
Champagne blanc.............	11,0	Brandes.
Champagne rouge.............	9,9	
Lampertsloch rouge; Alsace, 1834	11,2	Boussingault.
Ale d'Albany, 2 ans en bouteilles.	9,9	
— en baril.........	6,3	Beck.
Cidre d'Amérique.............	4,5	

Il est présumable que la quantité d'alcool indiquée dans les vins d'Espagne et de Portugal est plus forte que ce qu'elle est réellement dans

les moûts fermentés, par la raison que, dans le Midi, on est dans l'usage d'ajouter de l'eau-de-vie aux vins qui sont destinés à l'exportation.

On a fait dans ces derniers temps des analyses assez complètes de vins de différents crus. En voici les principaux résultats:

TABLEAU.

COMPOSITION DES VINS.

	ALCOOL en VOLUME.	ALCOOL en POIDS.	BITARTRATE de potasse et traces de tartrates de chaux et de fer.	CHLORURES alcalins.	SULFATE de POTASSE.	PHOSPHATE de CHAUX.	TANIN et matières EXTRACTIVES (sucre).	EAU.
VINS DE LA HAUTE-GARONNE, D'APRÈS M. FILHOL.								
Vins de Villandries, année 1844	11,10	8,82	0,92	0,08	0,16	0,42	0,92	88,68
— Fronton rouge, 1842	12,03	9,57	1,18	0,06	0,14	0,75	0,37	87,93
— Lévignac, 1844	10,33	8,21	1,23	0,04	0,06	0,59	0,38	89,49
— Merville, 1844	10.65	8.47	1,51	0,04	0,08	0,41	0,45	89,04
— Martres, 1843	11,16	8,87	1,26	0.06	0,06	0,32	0,70	88,73
— Saint-Gaudens. 1844	8,60	6.84	0,82	0,05	0,08	0,62	0,83	90,76
— Villefranche, 1844	7,60	6,04	1,53	0,03	0,08	0,25	0.02	92,05
VINS DE LA GIRONDE, D'APRÈS M. FAURÉ.								
Vins rouges, résultats moyens	9,30	7,39	0,21	traces.	0,02	traces.	0,13	92,25
Vins blancs, résnltats moyens	11,50	9,14	0,13	0,01	0,02	0,01	0,13	90,51

Une analyse faite dans mon laboratoire, sur du vin rouge de Lampertsloch, récolté en 1846, a donné :

Alcool	8,73
Glucose, matière extractive	3,62
Bitartrate de potasse	0,29
Sulfate de potasse	0,02
Chlorure de sodium	traces
Phosphate de magnésie	0,05
Phosphate de chaux	0,02
Eau	87,27
	100,00

La vigne réussit dans les sols les plus variés. Les crus les plus célèbres reposent sur des terrains ayant pour origine la désagrégation des roches granitiques, des schistes argileux ou micacés, des calcaires oolithiques, de la craie, des roches volcaniques. On plante la vigne par boutures ; ou bien, comme cela a lieu dans les plantations anciennes, on remplace les ceps caducs par le provignage ; et dans un terrain arénacé exposé à de fortes sécheresses, comme celui de la vigne du Liebfrauenberg, que nous cultivons, on trouve le succès mieux assuré par cette opération.

La vigne végète avec une grande vigueur. Sa végétation s'annonce par une séve très-aqueuse qui découle avec abondance du sarment, quand on vient à pratiquer une incision. Lorsque la température du printemps s'élève à 10 ou 11°, les bourgeons commencent à s'ouvrir, et les feuilles se développent lorsque le thermomètre se maintient à 12 ou 14°. C'est le moment le plus critique, car les feuilles nais-

santes redoutent surtout les gelées nocturnes ou matinales. La fleur se montre lorsque la température est de 15 à 17°; dans notre climat, la floraison dure environ trois semaines. Il faut ensuite la chaleur d'un été et le commencement d'un automne favorisé par un temps sec et chaud, pour obtenir une bonne récolte.

Dans certaines contrées du Midi, le cerisier où l'érable servent de support à la vigne. On destine à cet usage les arbres donnant peu d'ombre; mais le plus généralement les sarments réunis en faisceaux sont soutenus par des piquets, des échalas implantés dans le sol. Dans le Palatinat, la vigne est disposée en treilles parallèles, basses et espacées d'un mètre à un mètre et demi; là où la végétation est très-vigoureuse, la treille se termine par un berceau. Enfin on a proposé de remplacer les échalas ou les treilles par des fils de fer.

La taille s'exécute, autant que possible, avant que la séve ne soit en mouvement. Il est même des vignerons qui commencent à tailler après la chute des feuilles; l'opération est alors continuée pendant les jours d'hiver où il ne gèle pas (1). La taille a pour objet d'arrêter un développement trop vigoureux des parties ligneuses et herbacées du cep. Chaque cépage, suivant la fertilité du sol, suivant le climat et la culture, exige des procédés divers. Dans nos vignes, appuyées sur échalas, nous réservons trois sarments, que

(1) Gasparin, *Agriculture*, t. IV, p. 670.

l'on courbe en attachant les extrémités supérieures à la souche.

Les façons données au sol se font à la houe, la terre est d'abord remuée avant que la végétation soit active; c'est à cette époque que nous enterrons le fumier. Une seconde façon a lieu à la fin du printemps, pourdétruire et enfouir les mauvaises herbes.

La distance à laquelle on place les ceps dépend de la vigueur de la vigne, vigueur qui résulte à la fois du climat et de la fertilité du sol. On ne peut établir aucune règle à cet égard, puisque dans les mêmes circonstances une culture en treille permettra d'espacer beaucoup plus les souches qu'une culture en échalas. Ainsi, dans le Palatinat, on voit quelquefois deux souches garnir de sarments un treillis de 5 mètres de longueur. Dans notre petite vigne du *Liebfrauenberg*, où l'on cultive en échalas des cépages de choix, la distance des souches est d'un mètre suivant la pente du terrain, et de 94 centimètres dans le sens transversal, de sorte que, abstraction faite des chemins, on compterait 10,606 ceps par hectare. A Wissembourg, comme dans le Palatinat, on espace de la même manière; on va quelquefois à 1,25, ce qui donne 8,000 ceps à l'hectare, mais dans ces localités le raisin vient sur treille; je trouve, sur une treille d'une de nos vignes, une distance de 1,25 à 1,50.

Voici quelques résultats sur le nombre de ceps cultivés par hectare, dans divers pays :

	Ceps par hectare.	Espacement. m. c.
Châteauneuf (Vaucluse)....	2500	2,00
San Lucar (Espagne)......	2632	1,95
Médoc..................	6914	1,20
Hongrie.................	10000	1,00
Beaujolais..............	15625	0,80
Côte-d'Or...............	23365	0,66
Paris..................	25000	0,63
Orléanais...............	27777	0,66
Vosges..................	40000	0,50
Rhodt (Palatinat), berceaux.	5760	
Deidenheim —	10600	

La vigne est de toutes les cultures celle qui reçoit les proportions d'engrais les plus variables, selon le climat, le sol, et la nature des produits qu'on veut en retirer. Il y a, assure-t-on, des vignes qu'on ne fume jamais, et qui néanmoins rendent de 10 à 15 hectolitres de vin par an (1). Cependant, le plus généralement, la vigne est fumée à des époques plus ou moins rapprochées.

Dans quelques cultures du département du Gard, on fume tous les quatre ans avec 360 quintaux de fumier par hectare. Dans les environs de Genève, à la côte, la fumure a lieu tous les trois ans; on donne 300 quintaux d'engrais. Dans les vignes très-bien tenues de Wissembourg, et dans celles du Palatinat, on avait aussi l'habitude de fumer à des périodes aussi éloignées; mais aujourd'hui, on donne l'engrais tous les deux ans. A Rhodt et à Edenkoben près Landau, on met sur chaque hectare, pour les deux années, 240 voitures de fumier à un cheval; je ne sais pas le

(1) Gasparin, t. IV, p. 643.

poids d'une de ces voitures, mais il est évident que c'est là une assez forte fumure, puisqu'elle doit répondre annuellement à environ 50 quintaux : c'est à peu près la dose à laquelle nous fumons le Smalzberg, près Lampertsloch ; car on donne le fumier par 1/3, c'est-à-dire tous les trois ans, dans la proportion de 9 chariots à 4 chevaux, chargeant 18 quintaux, soit pour la surface d'un hectare 54 quintaux de fumier de ferme. Au reste, rien d'aussi variable que la quantité de fumier appliqué à la vigne, dont la culture est loin d'être toujours homogène. L'âge, l'état de santé des ceps, les accidents occasionnés par la gelée, modifient plus ou moins la dose qu'il convient d'employer. L'engrais donné en excès, outre qu'il influe d'une manière défavorable sur la qualité du vin, produit une végétation ligneuse et herbacée surabondante. Il arrive souvent que tous les ceps d'une vigne ne demandent pas la même fumure: un vigneron attentif fume avec discernement les diverses parties de sa culture.

On emploie fréquemment pour amender la vigne, soit des engrais minéraux, soit des engrais organiques qui ne sortent pas de l'étable. D'après les renseignements que j'ai recueillis dans le Palatinat, les détritus des végétaux, des sarments de vigne, du marc de raisin, le terreau, sont les engrais les plus efficaces. Les cendres de bois agissent activement, et cela se conçoit par le fait de leur richesse en potasse ; mais, comme me l'a assuré un vigneron fort entendu de Dürkheim, si les cendres produisent beaucoup de bois

et de feuilles, elles sont peu favorables au développement du fruit.

L'époque la plus opportune pour la fumure est l'automne. On dépose le fumier dans un fossé pratiqué entre deux rangées de ceps. Ce fossé peut avoir 0m,33 de profondeur, sur 0m,66 de largeur; la terre provenant de l'excavation est replacée sur l'engrais. Quand on fume tous les deux ans, on ne dépose le fumier que dans la moitié des rangées et on alterne.

A Dürkheim, comme au Liebfrauenberg, on ne fume pas par fossé; on enterre le fumier sur toute la surface du sol comme lorsqu'il s'agit d'une culture ordinaire. Mais on prétend que cette méthode, sans inconvénient pour les vieilles vignes, n'offre pas pour les racines encore superficielles des jeunes plants toute la sécurité de la fumure en fossés établis à une certaine distance et parallèlement aux rangées des ceps.

Le produit de la vigne dépend, on le comprend, du climat, des accidents météorologiques, de la nature du sol, de l'action des engrais et des soins apportés dans la culture; mais toutes circonstances égales d'ailleurs, la nature du cépage a l'influence la plus marquée. Ainsi, en Bourgogne par exemple, dans la même localité, dans le même terrain, avec la même dose d'engrais, un hectare planté en *pineau* noir a fourni, en 1846, 25 hectolitres d'excellent vin, lorsque la même surface plantée en gros *gamai* a rendu 150 hectolitres de vin d'une qualité fort ordinaire (1).

(1) Bouchardat, *Sur les cépages de la Bourgogne.*

M. de Vergnette-Lamotte évalue à 45 kilomètres la longueur de la zone du département de la Côte-d'Or, où sont situés les premiers crus de Santenay à Dijon. Déduction faite des friches, des chemins et des autres cultures, en estimant à 430 mètres la largeur de cette zone on trouve qu'on ne peut compter au delà de 1,935 hectares en crus de premier ordre ; et, comme les grands vignobles de la Côte-d'Or peuvent livrer annuellement à la consommation 34,830 hectolitres de vin, on arrive à ce résultat que le produit moyen de 1 hectare est de 18 hectolitres (1).

M. Bouchardat évalue comme il suit les récoltes de 1846 obtenues en Bourgogne :

Nature des cépages.	Récolte par hectare.
Pineau noir........	25 hectol.
Pineau blanc.......	17
Melon	76
Gamai.............	150
Gros verreau.......	160
Petit verreau.......	110
Pineau gris.........	16
Servoyen vert......	70
Servoyen rose.......	50
Côte d'Avallon.....	60

Ces données diffèrent singulièrement de celles que Morelot a publiées dans une statistique des vignes de la Côte-d'Or; suivant cet auteur, dans le territoire de Nuits, 1 hectare rendrait, en pineau 10 hectolitres, et en gamai 20 hectolitres.

Je dois à M. Blanqui une note intéressante sur les produits des vignes de la Gironde.

(1). De Vergnette-Lamotte, *Mémoire sur la Viticulture*, p. 64.

« La production moyenne du département de la « Gironde est de 2,000,000 d'hectolitres de vin sur « 103,000 hectares de vignes, soit 7 hectolitres 52 « par hectare.

« Cette production varie beaucoup d'une année à « l'autre : elle est parfois nulle dans certains cantons « ravagés par la grêle ; parfois, réduite à de très- « minimes proportions par les gelées d'hiver ou du « printemps, la *coulure*, etc.

« Dans les conditions les plus favorables, la pro- « duction peut aller, savoir :

« Dans les bons sols, plaines de la Garonne, de la « Gironde, jusqu'à 80 hectolitres par hectare. — Gros « vins propres au cabaret.

« Dans les sols bons aussi, quoique moins fertiles, « coteaux de la Gironde et de la Dordogne, Blaye, « Bourg, à 60 hectolitres. — Vins de ménage.

« Dans les terres de cailloux, sur les coteaux bien « exposés et secs, Graves et St-Émilien, jusqu'à 40 hec- « tolitres. — Vins fins, un peu chauds.

« Dans les terres bien maigres du haut Médoc, jus- « qu'à 30 hectolitres. — Vins supérieurs, légers et « froids. Mais une telle récolte n'a guère lieu que « tous les quinze ou vingt ans. »

Dans le Palatinat, on établit ainsi le rendement d'un hectare de vigne, en supposant une année très-favorable, ce qu'on appelle une vendange complète.

A Rhodt, avec le *chasselas*, l'*œstreicher*, 120 hectolitres.

Lorsque le *traminer* domine et sur les crus de choix, 90 hectolitres.

A *Deidesheim*, où l'on cultive le *traminer*, le *riesling* et l'*œstreicher*, on obtient 40 hectolitres. C'est à peu près le rendement de Dürkheim, où l'on récolte le meilleur vin du Palatinat ; mais ces rendements maxima sont malheureusement assez rares. Dans le Palatinat, comme en Alsace, comme sur les bords du Rhin, la vigne ne réussit complétement que tous les cinq ou six ans, et le plus souvent on ne fait que des demis ou des quarts de récoltes.

M. Delarue, dans ses *Essais statistiques sur la Côte-d'Or*, a formé un tableau extrêmement intéressant sur les récoltes faites à Volnay, depuis l'année 1807 jusqu'en 1842 ; les résultats qui y sont consignés montrent l'inconstance de la production dans les vignobles. En moyenne, l'hectare aurait rendu 16,82$^{\text{hect.}}$.

TABLEAU.

ANNÉES.	TEMPÉRATURE moyenne de juin, juillet, août.	ÉPOQUE de LA VENDANGE.	VIN obtenu A VOLNAY, par hectare.	QUALITÉS DES VINS.
			hectol.	
1807	16,9	16 oct.	27,4	Mauvaise.
1810	17,5	1er octob.	5,5	Médiocre.
1811	18,6	14 sept.	2,2	Supér. vigne gelée.
1812	17,4	8 oct.	27,4	Très-médiocre.
1813	16,5	11 oct.	10,9	Mauvaise.
1814	17,3	6 oct.	2,2	Médiocre.
1815	17,1	23 sept.	6,8	Supérieure.
1816	16,3	15 oct.	1,4	Récolte nulle.
1817	18,3	11 oct.	6,8	Mauvaise.
1818	19,7	26 sept.	27,4	Assez bonne.
1819	17,2	25 oct.	9,1	Supérieure.
1820	17,9	11 oct.	6,8	Médiocre.
1821	17,2	17 sept.	6,8	Mauvaise.
1822	19,9	2 sept.	16,4	Très-supérieure.
1823	17,0	13 oct.	6,7	Très-médiocre.
1824	17,7	11 oct.	6,7	Très-médiocre.
1825	19,7	19 sept.	6,4	Très-supérieure.
1826	20,8	2 oct.	32,8	Mauvaise.
1827	18,7	28 oct.	27,4	Passable.
1828	19,0	1er oct.	27,4	Médiocre.
1829	17,6	12 oct.	27,4	Mauvaise.
1830	17,8	28 sept.	1,4	Passable.
1831	18,8	28 sept.	5,5	
1832	19,1	4 oct.	5,5	
1833	18,0	28 sept.	16,4	
1834	19,3	15 sept.	32,8	
1835	19,5	5 oct.	43,8	
1836	18,9	6 oct.	32,8	
1837	18,7	10 oct.	34,2	
1838	16,8	8 oct.	6,8	
1839	18,6	30 sept.	6,8	
1840	18,5	25 sept.	44,7	
1841	16,3	27 sept.	21,9	
1842	20,8	20 sept.	27,4	

Voici, d'après notre comptabilité, la force dépensée par hectare d'une vigne en plein rapport. Je prends mon exemple dans la culture du Schmalzberg.

	Journées d'homme.
Travail à la houe	24
Un sarclage	12
Enlèvement du sarment, taille	15
Repiquage des échalas ou raccommodage de treilles	5
Ligature à la treille, ou ligature des scions aux échalas	7
Ligature et enlèvement des gourmands	5
Fumure	10
Plantation de ceps manquants, provignage, travaux accidentels	12
Jusqu'à l'époque des vendanges	90 journ.

Le travail de la vendange est nécessairement en rapport avec le plus ou le moins d'abondance de la récolte ; c'est par cela même un des éléments les plus variables de la comptabilité. En 1847, je trouve que pour un hectare d'une récolte un peu au-dessous d'un rendement complet, on a employé :

Vendanges	11 journées d'homme.
Id.	21 journées de femme.
Transports	6 journées de cheval.
Foulage, fermentation, pressurage	9 journées d'homme.

Plus une dépense de 13 fr. 5 cent., en distribution de pain, fromage, vin et eau-de-vie.

	fr.	c.
La journée d'homme a été payée à	1	00
— de femme	0	80
La journée du cheval est estimée	2	50

Si nous appliquons ces prix à la totalité des journées exigées par la culture, la vendange et la préparation de la récolte faite sur un hectare de vigne, nous aurons pour la dépense :

	fr.	c.
Culture générale...........................	90	»
Vendange..................................	27	80
Transport à la distance de 3 kilomètres.......	15	»
Pressurage................................	9	»
Boissons et comestibles....................	13	05
	154	85

A quoi il faut ajouter :

Pour supports, traverses, échalas, osiers pour liens..................................	31	70
Paille pour liens..........................	4	15
Neuf voitures de fumier pour fumure annuelle.	90	»
Intérêt à 3 p. 100 de l'hectare évalué à 5,000 fr.	150	»
Intérêt pour six mois, à 5 p. 100, des avances.	6	95
	437	65
Intérêt de 437fr. 65 c. à 6 p. 100, pour trois ans, temps nécessaire pour que le vin soit de bonne vente...........	78	80
Impôt du sol, surveillance..................	15	»
Déboursé général.....	531	45

Telle est, pour les circonstances dans lesquelles nous sommes placés, la dépense occasionnée par la culture d'un hectare de vigne. Le prix de revient du vin dépendra donc de la quantité obtenue : rien, comme je l'ai dit, n'est aussi sujet à varier que cette quantité. En portant la récolte moyenne à 20 hectolitres pour ne rien exagérer, l'hectolitre reviendrait à 26 fr. 57 c.

Un cru cultivé constamment de la même manière, recevant la même dose et la même nature d'engrais, dont le vin est toujours préparé par la même méthode, rend néanmoins des produits dont la teneur en alcool varie d'une année à l'autre, suivant les circonstances météorologiques. C'est ainsi que la vigne du Schmalz-

berg près de Lampertsloch, donne successivement les vins les plus dissemblables dans leurs qualités. On en jugera par les observations que je vais présenter, et qui ont été faites de 1833 à 1837 inclusivement (1).

ANNÉES.	TEMPÉRATURE MOYENNE			VIN produit par 1 hectare	ALCOOL pur dans le vin, en volume.	ALCOOL pur produit par hectare.
	DE la culture.	DE L'ÉTÉ.	DU commencement de l'automne.			
				hectol.		hectol.
1833	14°,7	17°,3	11°,4	31,00	5,0	1,70
1834	17°,3	20°,3	17°,0	45,06	11,2	5,05
1835	15°,8	19°,5	12°,3	68,27	8,1	5,53
1836	15°,8	21°,5	12°,2	59,40	7,1	4,22
1837	15°,2	18°,7	11°,9	20,14	7,7	1,55

Si nous recherchons maintenant comment les circonstances météorologiques ont influé sur la production du vin durant ces cinq années d'observations, nous voyons tout d'abord que la température moyenne des jours dont le nombre compose la durée de la culture, a une influence perceptible. Cette température a été de 17°,3 dans l'année qui a donné le vin le plus riche en esprit, et seulement de 14°,7 pour 1833 dont le produit était à peine potable.

Un été chaud favorise naturellement la végétation de la vigne ; en 1833, la chaleur moyenne de cette saison n'a pas atteint 17° 1/2 ; à part cette année, que

(1) Boussingault, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXIV, p. 174, 2e série.



l'on doit considérer comme une des plus mauvaises, les trois étés favorables ont présenté une température qui se rapproche de 20°. Ce n'est pas cependant à l'été le plus chaud que répond le vin le plus spiritueux. C'est qu'indépendamment d'une chaleur soutenue pendant le développement de la vigne, il faut encore pour la maturité du raisin, un commencement d'automne doué d'une douce température ; c'est là une des conditions essentielles.

On voit effectivement qu'en 1834, les mois de septembre et octobre ont offert la température extraordinaire de 17°, tandis qu'en 1833 la température des mêmes mois ne s'est pas élevée à 11° 1/2. J'ajouterai que l'année 1811, si remarquable par la bonté et l'abondance des vins, a également eu un commencement d'automne très-doux ; on trouve, en effet, dans la belle série d'observations dont M. Herrenschneider a doté l'Alsace, que cette même année, après un été d'une température moyenne de 19° 6, la chaleur des mois de septembre et d'octobre s'est soutenue à 15° ; or, en Alsace, la température ordinaire de cette époque de l'année est de 11° 1/2 environ.

Si l'on sépare de ces observations les années 1833 et 1837 comme décidément mauvaises, il semble que l'on doive conclure que les influences météorologiques agissent plus sur la qualité des vins que sur la quantité totale d'alcool formé. Ainsi, bien que le vin de 1836 ait été très-inférieur à celui de 1834, en somme, sa récolte a donné une plus forte proportion d'alcool par hectare.

En Alsace, pour que l'année soit favorable à la vigne, il faut que la température des mois qui embrassent sa culture soit sensiblement supérieure à la moyenne déduite des longues observations de M. Herrenschneider. Dans un climat où la vigne, pour réussir, se trouve soumise à une telle condition, il doit paraître évident que sa culture ne peut être bien avantageuse; c'est, en effet, ce qui a lieu. La culture serait même tout à fait désavantageuse, si le vin, comme produit agricole, ne présentait cette particularité que sa valeur croît dans une proportion beaucoup plus rapide que sa qualité, de sorte qu'une bonne récolte indemnise souvent de plusieurs mauvaises années. Ensuite la vigne, comme l'olivier, vient et prospère dans des situations où il serait difficile d'établir toute autre culture.

Le produit d'une vigne dépend aussi de son âge, et, sous ce rapport, il peut être curieux d'examiner l'accroissement progressif de la production. C'est ce que je vais faire pour une culture établie en Alsace, en regrettant toutefois de ne pouvoir présenter en même temps des observations analogues qui auraient été recueillies dans un climat différent et plus favorable aux vignobles.

La plantation du Schmalzberg remonte à 1822, époque à laquelle M. Le Bel père introduisit un nouveau cépage, composé de plants de France et des bords du Rhin (1).

(1) Pineau rouge, noirin rouge, morillon rouge, sauvignon blanc, tokay, raslinger blanc et doré, traminer, rulander.

On cultive en espaliers. Les treilles ont maintenant 1m, 3 de hauteur. La vigne commença à donner du vin en 1825. Voici les produits recueillis jusqu'en 1837 :

ANNÉES.	VIN PAR HECTARE.	ANNÉES.	VIN PAR HECTARE.
	hectolitres.		hectolitres.
1825	7,5	1832	22,9
1826	21,8	1833	34,0
1827	0	1834	45,1
1828	17,1	1835	68,3
1829	6,1	1836	59,4
1830	0	1837	20,1
1831	16,7		

La moyenne du vin fourni par cette vigne, en comptant depuis sa plantation, est 24,5 hectolitres par hectare.

Pour plusieurs vignobles du sud-ouest de la France, M. de Villeneuve adopte comme rendement d'un hectare (1) :

Environs de Toulouse......	21 hectol.
Gaillac (Tarn).............	16

La statistique officielle évalue le rendement moyen de la vigne dans toute la France à 18,65 hectolitres, et la production totale du vin à 44,404,837 hectolitres.

D'après des documents publiés récemment, la to-

(1) De Villeneuve, *Manuel d'Agriculture*, t. II, p. 34.

talité des vignobles des États allemands en émettrait dans la consommation 2,690,000 hectolitres (1).

Les vins du midi destinés à l'exportation sont quelquefois additionnés d'eau-de-vie. On a constaté aussi que les vins méridionaux *plâtrés* sont moins sujets à tourner à l'aigre pendant les voyages de long cours.

Le plâtrage des vins est pratiqué de temps immémorial sur les côtes d'Afrique, sur le littoral de l'Espagne, en France, dans le département des Pyrénées-Orientales. Je suis redevable de quelques renseignements sur cette opération, à M. Bouis, professeur de chimie à Perpignan.

Le plâtre en poudre, cuit, est ajouté à la vendange, lors du foulage; les proportions sont fort variables; en Espagne on plâtre fortement; en moyenne, la dose est d'un kilogr. de gypse pour 100 kilogr. de raisins. On foule et on porte dans les cuves. On applique surtout le plâtrage aux moûts foncés en couleur.

Les vins nouvellement plâtrés présentent le grave inconvénient de déposer abondamment dans les futailles; le dépôt a même lieu dans les bouteilles; ils sont un peu amers, lourds sur l'estomac; les sels solubles de baryte y dénotent la présence des sulfates. Ces inconvénients disparaissent après la première ou la seconde année. Alors la majeure partie de la matière colorante est précipitée, et, avec elle, les sulfates en excès. M. Bouis résume ainsi l'effet du plâtre : 1° *avivement* de la couleur; 2° saveur moins

(1) *Le Temps*, 11 avril 1840.

liquoreuse; 3° conservation plus sûre. Ces résultats sont d'autant plus appréciés que dans les climats méridionaux on laisse cuver la vendange pendant vingt à trente jours, et que par suite de ce cuvage prolongé le produit est extrêmement foncé en couleur. Les vins du midi ont aussi une saveur douce assez peu agréable, et de nature à retarder la vente des récoltes nouvelles; le plâtre enlève cette saveur douce en s'unissant probablement au glucose échappé à la fermentation. Enfin le plâtre réagit sur les tartrates, en modifiant leur composition. On a observé, par exemple, que les distillateurs retirent bien moins de crème de tartre des marcs plâtrés. En examinant un tartre brut provenant d'une distillerie de Catalogne, où l'on plâtre fortement, M. Bouis reconnut qu'il ne renfermait pas de tartrate acide de potasse, mais bien du sulfate de potasse résultant de la réaction du sulfate de chaux sur les sels de potasse du moût.

Vin de maguey ou pulque. — Cette liqueur vineuse, en usage au Mexique et dans quelques cantons du Pérou, est préparée avec la séve du maguey (*agave americana*). Le maguey réussit dans presque tous les terrains : j'en ai rencontré d'une beauté remarquable dans les sables arides de Riobamba; cependant, il acquiert encore un bien plus grand développement dans les sols fertiles. La plante se propage par drageons, qu'on place en lignes, en les espaçant à 2 ou 3 mètres. La plantation est à peu près le seul travail exigé par le maguey; à mesure qu'il croît en grosseur, ses feuilles s'étendent en s'inclinant; elles

sont extrêmement charnues, comme celles de toutes les plantes grasses ; leur épaisseur dépasse quelquefois 5 centimètres. Il s'écoule ordinairement dix ans avant que l'agave parvienne à la fructification. Lorsque la plante est sur le point de fleurir, il surgit du sein de la masse feuillue une hampe isolée atteignant 3 ou 4 mètres de hauteur, et qui porte les fruits à son extrémité. C'est précisément à l'époque où cette tige florale se manifeste qu'il convient de recueillir la séve. A ce moment, les feuilles jusque-là penchées vers la terre se redressent et semblent se réunir pour protéger la jeune hampe. On pratique une cavité à la partie supérieure du tronc, en coupant le faisceau de feuilles centrales et en élargissant insensiblement la plaie. C'est dans cette excavation, de 2 à 3 décimètres cubes de capacité, que le suc se réunit ; on la vide deux ou trois fois toutes les vingt-quatre heures. La séve du maguey est très-sucrée ; elle entre promptement en fermentation et donne le *pulque*. C'est un vin assez agréable, quand la totalité du sucre n'a pas été transformée en alcool ; mais les Mexicains le préfèrent lorsqu'il a acquis toute la force possible : c'est alors une boisson des plus enivrantes, d'une odeur très-prononcée de viande faisandée.

La récolte de la séve dure deux ou trois mois : un plant de maguey en donne de 120 à 150 litres de suc pendant la *vendange*. Un hectare contenant 900 plants, d'après M. Burkart (1), peut donc rendre

(1) Burkart, *Bibliothèque universelle de Genève*, t. XXXII, p. 293 nouvelle série.

1,200 hectolitres de pulque par an. C'est un produit presque dix fois supérieur à celui des vignes les plus productives de l'Europe. Aussi, une plantation de l'*agave americana*, quand elle a lieu dans la proximité d'une grande ville, est considérée au Mexique comme une des cultures les plus lucratives.

Dans les environs de Cholula, on rencontre des plantations d'agave d'une valeur de 2 à 300,000 fr. Le pulque le plus en réputation est celui de Hocotitlan, dont la célébrité est comparable à celle des vignobles les plus renommés.

Le maguey n'est pas seulement utile par le vin qu'il donne en quantité si prodigieuse, ses feuilles fournissent encore un fil d'une solidité extrême, la *pita*; qui remplace le chanvre avec avantage; et les anciens Mexicains traçaient leurs figures hiéroglyphiques sur un papier fait avec les fibres de l'agave, par un procédé qui rappelle la préparation du papyrus des Égyptiens (1).

(1) Humboldt, *Essai politique, etc.*, t. II, p. 493.

CHAPITRE VII.

DES SOLS.

La masse solide de notre planète ne présente pas partout les mêmes caractères physiques, la même composition chimique. En parcourant une contrée montagneuse d'une grande étendue, on manque rarement d'observer une différence notable dans la nature et dans la position relative des roches qui la constituent. L'idée qu'on se forme pendant une semblable exploration est que ces masses minérales n'ont pas toutes la même origine, et qu'elles ont été formées et placées dans leurs situations actuelles, à des époques distinctes.

En examinant attentivement les inégalités, les anfractuosités qui rident la surface du globe, on reconnaît bientôt que les roches qui, dans le plus grand nombre de cas, forment les pics élevés, l'axe ou la charpente des chaînes de montagnes, résultent de l'agglomération, du mélange intime de substances minérales qu'il est possible d'isoler pour les étudier séparément.

Ces masses cristallines, les plus importantes par

l'étendue qu'elles occupent, sont souvent recouvertes jusqu'à une certaine hauteur, ou même cachées entièrement par des roches d'une origine plus récente, dont les éléments fragmentaires indiquent qu'elles proviennent de la désagrégation des terrains qui les supportent. La stratification régulière de ces roches superposées, la configuration de leurs moindres particules, les vestiges des êtres organisés attestent que ces dépôts ont eu lieu successivement et au sein des eaux.

La formation des roches cristallines date probablement de l'époque de la consolidation de l'écorce du globe. Leurs éléments, mêlés intimement par la fusion, se sont combinés pendant le refroidissement, suivant les lois de l'affinité, pour constituer les espèces minérales que nous y rencontrons; comme il arrive, par exemple, que des espèces minérales, identiques à celles que l'on observe dans la nature, prennent naissance et cristallisent durant la consolidation de certaines scories de nos usines.

Les circonstances variées qui ont accompagné le refroidissement de la surface du globe ont sans doute causé les différences que nous remarquons dans la distribution des minéraux qui entrent dans la composition des roches. Ainsi, le granit et le micaschiste, bien que d'une structure si distincte, sont certainement deux variétés de la même espèce, puisqu'ils contiennent du quartz, du feldspath et du mica. Dans la syénite, le mica est remplacé par l'amphibole; par le talc, dans le protogine. Dans le trachyte, gise-

ment des volcans anciens et modernes, le quartz manque presque constamment, le pyroxène est substitué à l'amphibole, et le feldspath n'est plus identique avec celui du granit. Le calcaire de cette même époque plutonique est grenu ou saccharoïde; quelquefois l'intervention de la magnésie le fait passer à la dolomie.

Les terrains sédimentaires ne varient pas moins dans leur composition. Les causes qui ont désagrégé es roches d'origine ignée, ont détruit ou éliminé un ou plusieurs de leurs éléments, avant leur nouvelle consolidation.

Un des dépôts les plus communs, le grès, est presque uniquement formé de grains quartzeux, au milieu desquels on rencontre fréquemment du mica; mais déjà le feldspath y est assez rare. Dans les couches sédimentaires les plus anciennes de la série, comme dans les schistes argileux, les grauwacks, les éléments ignés se retrouvent plus au complet et moins altérés. La structure des roches calcaires de cette période géologique est souvent compacte, argileuse. Elle devient poreuse et même friable dans les dépôts les plus nouveaux.

Les roches stratifiées ont dû se déposer en couches parallèlement superposées, et ces strates, horizontales dans le principe, ont été redressées dans la position qu'elles occupent aujourd'hui, par le soulèvement, par la tuméfaction des masses sur lesquelles elles reposent. Les débris organiques qu'elles présentent souvent en très-grande abondance, indiquent

qu'à l'époque où se sont accomplies les révolutions du globe qui leur ont donné naissance, il existait déjà des êtres vivants, et que des plantes végétaient sur la terre. La production des couches sédimentaires est une preuve évidente que les roches ignées dont elles sont issues, peuvent se désagréger pour former des galets, des graviers, des sables, des argiles. Les éléments des bancs stratifiés ont nécessairement passé par ces différents états, avant que des causes puissantes, qu'il ne nous est pas donné d'apprécier, les aient consolidés. Cette désagrégation des roches cristallines s'opère, pour ainsi dire sous nos yeux, par les actions combinées de l'eau et de l'atmosphère.

L'eau, en raison de sa fluidité, pénètre dans la masse des roches douées d'une certaine porosité; elle s'infiltre dans leurs fissures. Si, par un abaissement de la température, l'eau vient ensuite à se congeler, elle écarte, en se dilatant, les molécules minérales; elle détruit leur cohésion, produit des fentes et fait éclater les rochers les plus durs. Pendant la gelée, la glace peut encore servir de ciment et lier entre elles les parties désagrégées; mais au moment du dégel, la moindre force, les courants d'eau, l'action seule de la pesanteur, suffisent pour entraîner les fragments au fond de la vallée, et les frottements continuels auxquels ces débris de roches sont exposés dans les torrents, tendent à les briser et à les réduire en sable.

La quantité de matières terreuses charriées par les rivières et les fleuves est considérable; on peut s'en former une idée d'après l'épaisseur du limon déposé

par les eaux, lorsque leur vitesse d'écoulement vient à se ralentir. Dans de nombreuses localités, le sol arable est formé ou puissamment amélioré par ces sortes d'alluvions. On connaît assez les vertus fertilisantes du limon du Nil; selon Shaw, les eaux de ce fleuve en emportent avec elles un cent trente-deuxième de leur volume; celles du Rhin, aux époques des grandes crues, en charrient plus d'un centième; et le docteur Barrow, en s'appuyant sur des observations recueillies en Chine, évalue à un deux centième du volume de la masse liquide, les matières limoneuses entraînées par le fleuve Jaune (1).

Ces dépôts fluviaux forment les atterrissements accumulés aux bords de la mer, tels qu'on les observe, par exemple, dans les bouches de l'Elbe. A l'embouchure de ce fleuve, il se produit, lors de la marée montante, un calme durant lequel se précipitent les matières terreuses tenues en suspension; il en résulte un sédiment que les vagues rejettent sur la plage. Par ces dépôts successifs, le rivage s'élève graduellement, et il se forme une alluvion étendue qui reste à sec dans les marées moyennes. Ces terres nouvelles, d'une fertilité vraiment surprenante, sont les *polders*, dont les Hollandais tirent un si grand parti dans leurs cultures. Durant les hautes marées, ou pendant les tempêtes, les *polders* se trouveraient submergés, si l'industrie active des habitants n'eût établi des digues pour opposer un obstacle à l'invasion des eaux de l'Océan (2).

(1) Makartney, *Voyage en Chine*.
(2) Daubuisson, *Traité de Géognosie*, t. II, p. 469.



Aux causes mécaniques de la destruction des roches, s'ajoute encore une action chimique dépendante des influences météorologiques, qui s'exerce avec une grande énergie sur les éléments constitutifs des roches cristallines.

Le feldspath, l'amphibole, le mica, le protoxyde de fer, se décomposent, dans certaines circonstances, avec une rapidité étonnante, sans qu'on puisse prévoir et encore moins expliquer cette singulière tendance à la destruction. Dans le granit par exemple, le feldspath, le mica, perdent leur état vitreux et cristallin; ils deviennent terreux, friables et se transforment en une substance argileuse, que les minéralogistes désignent sous le nom de kaolin, matière si utilement employée dans la fabrication de la porcelaine. L'amphibole, le pyroxène, subissent une altération de même genre. Dans ces minéraux, le protoxyde de fer passe au maximum d'oxydation. L'oxygène, l'humidité, l'acide carbonique de l'air paraissent avoir une grande influence sur cette altération qui souvent se propage à une certaine profondeur, comme l'attestent les exploitations de terre à porcelaine dans plusieurs contrées granitiques, et comme j'ai pu le constater dans un terrain de porphyre syénitique riche en filons aurifères. Dans les travaux exécutés sur ces gisements, on suit la modification du feldspath et de l'amphibole, jusqu'à une profondeur de plus de cent mètres. Au sein de ces roches altérées, on rencontre çà et là des masses qui ont résisté à l'action décomposante; elles ont conservé toute leur

dureté, toute leur fraîcheur. Les monuments historiques nous montrent également des granits inaltérables, tel est celui de l'obélisque de la place de Saint-Jean de Latran à Rome, taillé à Syène, sous le règne d'un roi de Thèbes, 1300 ans avant l'ère chrétienne. Tel est encore l'obélisque de la place Saint-Pierre, consacré au soleil par un fils de Sésostris, il y a plus de 3000 ans (1).

Les schistes, à cause de leur structure, se détruisent et se délitent avec beaucoup de facilité. Les pierres calcaires résistent mieux, peut-être, aux agents atmosphériques, mais leur peu de dureté fait que les causes mécaniques les attaquent aisément; l'eau agit même sur elles comme dissolvant, à la faveur de l'acide carbonique qu'elle contient toujours. La résistance des grauwacks, des grès, dépend en grande partie de la nature et de la cohésion du ciment qui lie leurs particules; cependant, en général, cette résistance est peu considérable, et ces roches se résolvent assez promptement en terrain sablonneux.

Les modifications éprouvées par les minéraux constitutifs des roches ne proviennent pas seulement d'un changement survenu dans l'état moléculaire de leurs éléments. Leur nature chimique est profondément altérée, certains principes sont exclus. Les feldspaths, par exemple, dans lesquels il entre de la potasse ou de la soude, abandonnent la presque totalité de ces

(1) Daubuisson, *Traité de Géognosie*, t. II, p. 45.



alcalis, en passant à l'état de kaolin. C'est ce qui ressort de la comparaison des analyses faites sur ces deux minéraux. Indépendamment de l'alcali éliminé, on remarque en outre que dans le kaolin, la proportion de l'alumine, relativement à celle de la silice, est beaucoup plus grande que dans le feldspath non décomposé, ce qui montre que de l'alcali et de la silice ont été enlevés. On pourrait croire que la potasse a contribué à l'élimination de la silice, en formant un silicate soluble, mais la décomposition du feldspath n'est qu'un cas particulier de ce genre de décomposition. M. Ebelmen, dans un mémoire d'une très-haute portée géologique, a rendu extrêmement probable que l'acide carbonique de l'atmosphère est l'agent le plus actif dans la destruction des silicates appartenant aux roches cristallines. La potasse, la soude, la chaux, la magnésie, passent à l'état de carbonate; la silice, primitivement combinée avec ces différentes bases, est mise en liberté, et l'on sait que lorsqu'elle est dans un grand état de division, elle est très-sensiblement soluble; c'est principalement dans cette solubilité qu'il faut chercher la cause de sa disparition. Les carbonates formés sont dissous ou entraînés; à mesure que le silicate s'altère, il se rapproche de plus en plus de la nature de l'argile, silicate d'alumine susceptible de se combiner avec une forte proportion d'eau, en donnant un composé plastique, mais absolument insoluble. Ainsi, dans le cas de la décomposition dont nous nous occupons, l'argile restera donc comme un jalon, comme un

point de repère propre à faire reconnaître quelles ont été la nature et les quantités de principes éliminés. Par exemple, l'on sait par les analyses de M. Berthier que le feldspath et le kaolin ont pour composition :

	Kaolin.	Feldspath.
Silice......	46,8	64,2
Alumine....	37,3	18,4
Potasse.....	2,5	17,0
Eau........	13,0	
	99,6	99,6

En admettant que l'alumine du kaolin représente la totalité de celle que contenait le feldspath avant sa modification, on peut, en prenant une quantité de kaolin telle, qu'elle renferme la proportion d'alumine particulière au feldspath, arriver à connaître les éléments perdus, ou acquis, durant la décomposition. Ainsi, on a :

	Alumine.	Silice.	Potasse.	Eau.
Feldspath....	18,4	64,2	17,0	0
Kaolin.......	18,4	23,1	1,1	6,4
	0,0	— 41,1	— 15,8	+ 6,4

On voit que pour passer à l'état de kaolin, ou d'argile pure, 100 parties de feldspath ont abandonné 41,1 de silice, 15,8 de potasse, et qu'il y a eu acquisition de 6,4 d'eau. En somme, 100 de feldspath, en se décomposant, ont formé 49 de kaolin.

La comparaison du basalte avant et après son altération conduit à des résultats analogues, et de plus, elle montre qu'une proportion considérable de silice



peut disparaître alors qu'il n'y a qu'une faible quantité d'alcali d'éliminée. Les analyses de M. Ebelmen établissent les compositions suivantes :

	Basalte altéré.	Basalte non altéré.
Silice	36,7	46,1
Alumine..........	30,5	13,2
Chaux............	8,9	7,3
Magnésie.........	0,6	7,0
Peroxyde de fer....	4,3	16,6 (protoxyde.)
Potasse de soude...	1,5	4,5
Eau..............	16,9	4,9
	99,4	99,6

Prenant une quantité de basalte altéré renfermant 13,2 d'alumine, on aura pour termes de comparaison.

	Alumine.	Silice.	Chaux.	Magnés.	Ox. de fer.	Alcalis.	Eau.
Basalte.........	13,2	46,1	7,3	7,0	16,6	4,5	4,9
Basalte altéré...	13,2	15,9	3,8	0,3	1,9	0,6	7,2
	0,0	—30,2	—3,5	—6,7	—14,7	—3,9	+ 2,3

Le basalte décomposé se désagrége facilement, et, par ses propriétés, se rapproche de l'argile ; pour arriver à cet état, il abandonne une forte proportion de silice, et une faible quantité de potasse et de soude. On remarquera que le kaolin, comme le basalte altéré, retient encore un peu d'alcali, l'élimination n'a pas été complète ; c'est là un fait général, à l'appui de l'opinion qui considère les argiles comme le résidu de la décomposition des silicates, par les influences météorologiques aidées de l'action exercée par l'acide carbonique. En effet, on a constaté que la plupart des argiles contiennent de faibles proportions d'alcali.

Les roches calcaires ou magnésiennes, les argiles, les grès, en un mot, tous les dépôts calcaires, argileux ou arénacés accumulés à la surface du globe peuvent être attribués à la décomposition des silicates, par l'intervention de l'acide carbonique atmosphérique.

Le résultat final de la désagrégation des roches et de la décomposition des minéraux qui entrent dans leur constitution, est la formation de ces alluvions placées sur la pente des montagnes peu escarpées, dans le fond des vallées ou des plaines les plus étendues. Ces dépôts, qu'ils soient formés de galets, de cailloux, de gravier, de sable ou d'argile, peuvent devenir la base d'une terre végétale, s'ils sont suffisamment meubles et humides. D'abord, la végétation y réussit avec peine. Des plantes, auxquelles leur complexion permet de vivre en grande partie aux dépens de l'atmosphère et qui ne demandent, pour ainsi dire, à la terre qu'un appui, s'y fixeront si le climat est favorable : les cactus, les plantes grasses, dans les sables ; les mimosas, les prêles, sur les graviers. Ces plantes laisseront après une chétive existence, des débris utiles aux générations suivantes. La matière organique en s'accumulant avec moins le temps dans ces sols ingrats, les rendra de moins en stériles. C'est probablement ainsi que les forêts intactes du nouveau monde ont fourni au sol la prodigieuse quantité de terreau qui s'y trouve. A la Vega de Supia, dans l'Amérique méridionale, l'éboulement d'une montagne porphyrique couvrit entièrement de ses débris, sur près d'une demi-lieue d'étendue, de riches plantations de cannes à su-



cre (1). Dix ans après cet événement, j'ai vu ces fragments de porphyre ombragés par des mimosas arborescents, et dans un temps qui n'est peut-être pas très-éloigné, on pourra défricher cette nouvelle forêt et rendre à la culture le sol pierreux enrichi de ses dépouilles.

La composition chimique de la terre propre à la végétation doit nécessairement participer de la nature des roches dont elle dérive, et les éléments constitutifs des espèces minérales doivent se retrouver dans les sols qui, par l'effet du temps, ou par l'industrie de l'homme, servent à la reproduction des végétaux. C'est pour ces motifs, qu'il devient intéressant de connaître la composition des minéraux le plus abondamment répandus dans la masse solide de notre planète.

Les continents, les îles ne représentent guère que le tiers de la surface du globe; et comme les dépôts sédimentaires ont dû se former dans les bassins des mers, les roches qui leur appartiennent peuvent renfermer des substances salines. Beaucoup de grès secondaires contiennent effectivement des indices non équivoques de sel marin, comme on peut s'en assurer en les soumettant à la lixiviation; ou comme on le reconnaît en examinant les eaux rassemblées dans les puits percés dans le grès. Des grèves, des plages abandonnées par l'Océan, sont quelquefois livrées à la culture, et les vents impétueux de mer portent souvent

(1) Une partie de la montagne de Tacon, qui s'écroula en 1817; ses débris ensevelirent les plantations et les Indiens qui les cultivaient.

au loin, dans l'intérieur des continents, des matières salines; enfin, comme nous le verrons dans la suite, l'Océan fournit à l'agriculture des engrais puissants. L'eau de la Méditerranée, recueillie dans le port de Cette, contient sur 100 parties (1) :

Carbonate de chaux.............	0,0114
Sulfate de chaux................	0,1357
Sulfate de magnésie.............	0,2477
Chlorure de magnésium.........	0,3219
Chlorure de potassium..........	0,0505
Bromure de sodium............	0,0556
Chlorure de sodium (sel marin).	2,9424
	3,7655
Eau......	96,2345
	100,0000

A ces substances, il faut ajouter l'iode, dont la présence dans la mer ne saurait être douteuse, puisqu'on le rencontre constamment dans les plantes marines. Wollaston a découvert la potasse dans l'eau de la mer; mais à l'époque déjà éloignée où il signalait cet alcali, on était bien loin de supposer qu'on pût jamais l'extraire utilement. Ce sont les travaux de M. Balard sur l'exploitation des eaux mères des salines qui ont démontré la possibilité de retirer la potasse de l'eau de la mer malgré l'extrême exiguïté de sa proportion, car un litre de cette eau ne contient pas au delà de 0gr.,328.

L'eau de la mer contient en outre de faibles proportions d'argent, de cuivre et de plomb à l'état de chlo-

(1) J. Usiglio, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXVII, p. 92, 3e série.

rures. On a constaté par des expériences extrêmement délicates que l'eau de l'Océan puisée à quelques lieues de la côte de Saint-Malo renferme $\frac{1}{10,000,000}$ d'argent. Si l'eau de mer tient de l'argent en dissolution, ce métal doit nécessairement se retrouver dans les plantes marines. C'est en effet ce qui a lieu ; ainsi dans les cendres des fucus *serratus* et *ceramoïdes* on a dosé $\frac{1}{100,000}$ d'argent (1).

On a reconnu que dans les régions chaudes comme sous les plus hautes latitudes, le degré de salure de l'eau des mers reste à très-peu près le même. M. Gay-Lussac a trouvé 3,4 à 3,8 pour 100 de sels dans l'eau de l'océan Atlantique, puisée à une grande distance des côtes et sous des latitudes fort différentes. L'eau de mer des régions voisines du pôle, puisée par le 80e degré de latitude, contient, d'après Irwing, 3,3 à 3,5 pour 100 de sels.

Les minéraux le plus habituellement contenus dans les roches, sont le quartz, les feldspaths, les micas, l'amphibole, le pyroxène, le talc, la serpentine, la diallage.

Le quartz est de la silice à peu près pure, et les impuretés accidentelles qu'il peut renfermer ont peu d'intérêt pour l'objet qui nous occupe ; mais je crois devoir réunir, dans un tableau, la composition des principales espèces minérales, telle qu'elle a été donnée par les analystes les plus habiles.

---

(1) Malaguti, Durocher et Sarzeaud, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XXIX, p. 780.

TABLEAU

DE LA COMPOSITION DES PRINCIPALES ESPÈCES MINÉRALES.

SUBSTANCES ANALYSÉES.	COMPOSITION.										ANALYSTES.
	SILICE.	ALUMINE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	POTASSE.	SOUDE.	OXYDE DE FER.	OXYDE de MANGANÈSE.	ACIDE FLUORIQUE	EAU.	
Feldspath de Lomnitz........	66,8	17,5	1,3		12,0		0,8				G. Rose.
— Dômite........	61,0	19,2		1,6	11,5		4,2			2,0	Berthier.
— Albite de Finlande.	68,0	19,6	0,7			11,1	0,2	0,5			Tengstrom.
— Albite d'Arendal..	68,7	19,9		traces.		9,1	0,3	traces.			G. Rose.
Mica de Sibérie............	42,0	16,1		26,0	7,6		4,9		0,7		G. Rose.
Mica des Etats-Unis.........	48,5	33,9			11,3			1,3		3,0	Vauquelin.
Amphibole de Pargas.......	45,7	12,2	13,8	18,8			7,3	0,2	1,5		Bonsdorff.
Pyroxène blanc d'Orrijervi...	54,6		24,9	18,0			1,8	2,0			G. Rose.
Pyroxène vert de Sahla......	54,9	0,2	23,6	16,5			4,4	0,4			G. Rose.
Serpentine de Gulsjo........	42,3			44,2			0,2			13,3	Mosander.
Serpentine de Skyttgraffa....	43,1	0,3	0,5	40,4			1,2			12,5	Hisinger.
Diallage de la Spezia........	47,2	3,7	13,1	24,4			7,4			3,2	Berthier.
Talc du Saint-Bernard.......	58,2	traces.		33,2			4,6			3,5	Berthier.
Talc du Saint-Gothard.......	62,0			30,5	2,8		2,5			0,5	Klaproth.

Si nous comparons la composition des cendres de végétaux à celle des minéraux, nous voyons que les substances minérales particulières aux plantes existent dans le sol, avant même qu'il ait été amendé par des engrais. Nous pouvons donc poser en principe, que ces substances minérales sont puisées dans le terrain et qu'elles dérivent toutes des roches qui forment la partie solide de notre planète. Je dois cependant faire remarquer ici que les phosphates, si constamment répandus dans les plantes, que l'on peut présumer qu'ils sont essentiels à leur organisation, ne figurent pas parmi les éléments des roches cristallines. Nous rencontrons plus fréquemment l'acide phosphorique dans les terrains d'une époque géologique plus récente et dont la formation a suivi l'apparition des êtres organisés ; de sorte que, à la rigueur, il serait possible de soutenir que cet acide a été introduit dans ces terrains nouveaux par les êtres vivants qui y ont été ensevelis. Cependant, les phosphates abondent dans le règne minéral. Dans les gîtes métallifères, on trouve, pour ne citer que les plus communs, les phosphates de plomb, de cuivre, de manganèse, de chaux ; il est même difficile de rencontrer un minerai ferrugineux exempt d'acide phosphorique ; et, ainsi que je l'avais prévu (1), des recherches récentes ont établi que le plus grand nombre des roches ignées renferment des phosphates. Je dois encore ajouter que si l'acide du phosphore n'a été que rarement indi-

(1) Première édition de cet ouvrage, t. I, p. 562.

qué dans les substances minérales, c'est qu'il s'est soustrait aux recherches des analystes. C'est ainsi que pendant longtemps l'iode et le brôme ont échappé dans toutes les analyses faites sur l'eau de mer. Les chimistes ne découvrent facilement les corps, qu'alors qu'ils existent en proportion très-appréciable dans les composés qu'ils examinent. Les matières dont la présence n'est pas prévue ; celles qui n'entrent que pour une proportion très-minime dans un minéral, passent souvent inaperçues aux yeux des plus habiles et des plus consciencieux.

Thaër compare le sol en agriculture à la matière première sur laquelle s'exerce l'industrie manufacturière; la comparaison serait peut-être plus exacte, en l'assimilant aux agents mécaniques. En effet, de même que la prospérité des fabriques, la perfection de leurs produits, dépendent de la perfection des machines: de même aussi, la bonté, l'abondance des récoltes, se trouvent liées de la manière la plus intime à la qualité de la terre. L'habileté du cultivateur le plus expérimenté, fût-il même placé sous un climat favorable et dans les conditions de localités les plus avantageuses, pourrait échouer devant les difficultés sans cesse renaissantes que lui opposerait un sol ingrat.

Pour être propre à la culture, la terre doit présenter plusieurs propriétés essentielles.

Un sol doit être assez meuble pour que les racines des plantes puissent y pénétrer, s'y étendre, et pour que les eaux n'y séjournent pas. Les matières dontil est composé doivent être assez ténues, pour que l'air



puisse y arriver et se renouveler, sans qu'il s'ensuive cependant une dessiccation trop prompte.

On a beaucoup écrit, depuis Bergmann, sur la composition chimique des terres; des chimistes du plus haut mérite ont fait des analyses complètes des sols reconnus pour les plus fertiles. Néanmoins, la pratique agricole n'a, jusqu'à présent, tiré qu'un très-mince avantage de ce genre de travaux. La raison en est toute simple: c'est que les qualités que nous estimons dans les terres labourables dépendent presque exclusivement du mélange mécanique des différents agrégats; il n'y a pas là combinaison chimique. Un simple lavage, indiquant le rapport du sable à l'argile, en dit certainement plus qu'aucune analyse précise. La qualité d'un sol arable dépend essentiellement de l'association de ces deux matières. Le sable, qu'il soit siliceux, calcaire, ou feldspathique, rend toujours la terre plus perméable, plus meuble; il facilite l'accès de l'air et l'écoulement des eaux; son effet utile est plus ou moins marqué, plus ou moins favorable, selon qu'il s'y trouve en poudre fine, ou sous forme de sable grossier ou de gravier.

L'argile possède des propriétés physiques entièrement opposées à celles du sable; unie à l'eau, elle forme une pâte liante, plastique, qui, une fois humectée, devient à peu près imperméable. A de tels caractères, on admettra aisément qu'il n'y a pas de culture avantageuse possible dans un sol entièrement argileux.

Le caractère propre, ou, si l'on veut, la qualité

d'une terre, dépend donc surtout de l'élément qui domine dans le mélange de sable et d'argile; et entre deux extrêmes également défavorables à la végétation, le terrain complétement sablonneux, et le terrain complétement argileux, viennent se placer toutes les variétés, toutes les nuances intermédiaires. Il est rare que les sols cultivables soient formés uniquement de sable et d'argile. Indépendamment de quelques substances salines qui s'y rencontrent fréquemment, quoiqu'à très-faible dose, on y trouve aussi des détritus de matières organisées désignés communément sous le nom assez vague d'humus. Bien qu'une terre entièrement privée d'humus puisse être cultivée en faisant intervenir les engrais, et que, par cette raison, on ne doive pas le considérer comme indispensable, toujours est-il que cette matière entre souvent pour une certaine proportion dans les sols. Les terres des forêts défrichées contiennent beaucoup d'humus; et l'on cite des terrains assez riches de cette substance, pour donner de leur propre fond, pendant des siècles, d'abondantes récoltes de céréales.

Dans l'examen d'une terre, l'attention doit donc se porter: 1° sur le sable, 2° sur l'argile, 3° sur l'humus ou terreau. Il peut en outre être très-utile de rechercher quelques principes particuliers dont l'influence sur la végétation n'est pas douteuse; tels sont certains sels alcalins et terreux.

La terre végétale, desséchée à l'air au point de devenir friable, peut encore néanmoins retenir une assez forte quantité d'eau, qu'on ne dissipe qu'à une

température suffisamment élevée. Il convient donc d'abord de ramener les terres que l'on veut examiner comparativement, à un degré constant de siccité.

La dessiccation la plus sûre, en même temps qu'elle est la plus prompte, est celle qui s'opère au bain de cire. La cire, placée dans un vase de cuivre, est entretenue à une température à très-peu près constante, au moyen d'une lampe. Un thermomètre, plongé dans le bain, permet de régulariser l'application de la chaleur. La substance à dessécher est mise dans un tube de verre fermé par une extrémité, peu profond et suffisamment large, ou bien dans un creuset d'argent; l'on opère sur une centaine de grammes. Les vases sont disposés dans la cire, de manière à y plonger jusques environ aux deux tiers de leur hauteur (1).

Pour la dessiccation des terres, on peut porter la température à 150° ou 160°. On prend d'abord la tare du vase, on y ajoute un poids déterminé de la matière, et l'on place dans le bain. On continue la dessiccation pendant deux ou trois heures environ; et l'on prend le poids du vase après l'avoir bien essuyé. Ensuite on le place de nouveau dans le bain. Au bout de quinze ou vingt minutes on pèse de nouveau ; si le poids n'a pas diminué, c'est une preuve que la dessiccation était complète lors de la première pesée. Dans le cas contraire, il faut continuer l'opération;

(1) Il faut éviter que la surface de la cire fondue se trouve trop rapprochée de l'orifice du vase contenant la matière à dessécher; car, par l'effet de la capillarité, il pourrait arriver que la cire pénétrât dans l'intérieur du tube ou du creuset d'argent.

et l'on ne doit la considérer comme terminée, qu'autant que deux pesées consécutives, faites à quinze ou vingt minutes de distance, ne présentent plus que de très-légères différences. Davy indique un moyen beaucoup plus simple, qui, bien qu'assez peu exact, peut cependant suffire, lorsqu'on veut se contenter d'essais grossiers. On place la terre dessécher dans une capsule de porcelaine chauffée ar une lampe. Un thermomètre, qui sert à la remuer, indique en même temps la température (1). nfin, dans plusieurs circonstances, on peut se ontenter de la chaleur du bain-marie. Le point capital, c'est de dessécher à une température connue et qu'on puisse par conséquent reproduire; car la 'essiccation absolue d'une terre ne s'obtiendrait ellement qu'à une chaleur voisine du rouge, qui truirait nécessairement les débris de matières organiques qu'elle contient presque toujours : débris onsistant en fragments de paille, de racines qu'on pare, en faisant passer la terre par un tamis de crin. n obtient, par le même moyen, les graviers que le l peut renfermer.

La terre tamisée est soumise au lavage. A cet effet, n l'introduit dans un matras, avec trois ou quatre is son volume d'eau chaude (2). On agite fortement, n laisse le matras en repos pendant un instant; puis on décante, en faisant couler la liqueur trouble dans

(1) Davy, *Chimie agricole*, I, p. 195.

(2) On doit faire usage d'eau distillée, si l'on se propose de rechercher les sels solubles contenus dans le sol.

une grande capsule de porcelaine. On répète les lavages; et l'on s'aperçoit que l'argile a été enlevée, lorsque, après l'agitation, la liqueur s'éclaircit très-promptement. On fait alors passer le sable dans une capsule. On rassemble sur un filtre l'argile et toutes les matières tenues en suspension dans l'eau de lavage, et on les fait sécher de manière à les détacher facilement; puis, la dessiccation est achevée par la même méthode, et dans les mêmes circonstances où celle de la terre a été faite. Le sable précédemment recueilli est séché avec les mêmes soins.

Si l'on tient à doser les sels solubles, on doit réunir les eaux qui tenaient l'argile en suspension, pour les évaporer : quoique le volume de ces eaux soit assez considérable, on peut les concentrer dans une capsule d'une capacité de quelques décilitres, en remplissant d'abord cette capsule, et en ajoutant du liquide à mesure qu'il s'évapore. On pousse l'évaporation à siccité; les sels sont rassemblés dans une petite capsule en platine, dans laquelle on les chauffe au rouge naissant, au moyen d'une flamme d'alcool, pour brûler la matière organique qu'ils renferment; puis on les pèse.

Le sable peut être siliceux ou calcaire. On y constate la présence du carbonate de chaux en le traitant par un acide susceptible de former un sel soluble avec la chaux, comme l'acide chlorhydrique, nitrique, ou acétique. L'effervescence établit la présence du carbonate, et il est possible d'évaluer la quantité de ce sel, en pesant le sable sec avant et après le traite-

ment par l'acide, en prenant toutefois la précaution de bien laver le sable résidu, avant de le dessécher pour le peser. C'est, au reste, une opération peu utile; le principal est de déterminer les matières sablonneuses. Si l'on avait un intérêt particulier à constater la présence et à évaluer la quantité de carbonates terreux contenus dans une terre, le mieux serait de faire une recherche spéciale, parce que le calcaire très-divisé étant entraîné avec la matière argileuse, le sable obtenu par le lavage ne renferme plus la totalité du carbonate de chaux.

La matière argileuse est loin d'être de l'argile pure; elle contient du sable extrêmement fin, qui a été entraîné avec elle; elle peut aussi, comme je viens de le faire remarquer, se trouver associée à du calcaire très-divisé; et si la terre renfermait de l'humus, les parties les plus déliées de cette substance devraient également s'y rencontrer.

Pour doser l'humus, on a généralement recours à la destruction par le feu. Un poids déterminé de terre sèche est chauffé au rouge dans un creuset; on agite constamment; et lorsqu'on ne remarque plus de ces points scintillants, indices de la combustion du carbone, on laisse refroidir et l'on pèse. Cette méthode a été suivie par Einhoff, Thaer, Davy, etc. On en trouverait difficilement une plus commode, mais il serait tout aussi difficile d'en rencontrer une plus inexacte. Les sols desséchés à la température où les matières organiques, l'humus, le terreau, commencent à s'altérer, retiennent encore une forte propor-

tion d'eau appartenant à l'argile. Cette eau se dégage à la chaleur rouge, pendant la combustion des matières organiques; comme on dose celles-ci par différence, il est évident que la perte en eau s'ajoute à la perte provenant de la destruction de l'humus. C'est certainement à cette cause d'erreur qu'il faut attribuer les fortes proportions d'humus signalées dans les sols examinés par Thaer et Einhoff; et il vaut mieux se borner à indiquer la présence ou l'absence de l'humus, que de le doser d'une manière aussi imparfaite.

Priestley et Arthur Young avaient déjà compris que la détermination du terreau exige une opération plus délicate. Ils recommandaient de calciner les terres en vases clos, et de recueillir les produits gazeux (1). Cette méthode ne présentérait pas un très-grand avantage sur celle que je critique, et l'on serait réduit à juger de la proportion de la matière organique contenue dans les sols, par le volume de gaz combustibles recueillis : volume qui pourrait varier, pour la même nature et la même quantité d'humus, selon l'application de la température.

La seule méthode à suivre, à mon avis, pour doser le terreau d'un sol, ou les détritus organiques, c'est celle de l'analyse élémentaire. C'est en brûlant une quantité connue de terre bien desséchée, par l'oxyde de cuivre aidé d'un courant d'oxygène, que l'on pourra déterminer le carbone et l'hydrogène.

(1) Thaer, t. II, p. 122.

Mais ce qu'il importe, c'est de connaître la richesse en azote des débris organiques du terrain. Une détermination d'azote faite avec soin suffirait ; car, de plusieurs sols soumis à l'examen, les plus riches en principes d'origine organique, seront probablement ceux qui fourniront la plus forte proportion d'azote. Cependant l'analyse, il faut le reconnaître, n'indiquera pas nécessairement que cette matière organique doit agir activement sur la végétation.

Il peut être très-utile de constater la présence du carbonate de chaux dans une terre, principalement s'il s'agit de discuter l'opportunité d'un *marnage*. On peut, dans ce but, employer deux moyens : 1° Traiter le sol par l'acide nitrique légèrement affaibli par une addition d'eau. L'effervescence dénotera la présence probable du carbonate de chaux ; je dis probable : car si le dégagement de gaz acide carbonique est le caractère générique de ce sel, il n'en n'est pas le caractère spécial, puisque ce dégagement serait occasionné par tout autre carbonate. Il est bon de faire bouillir la liqueur acide sur le sol ; on reçoit sur un filtre la partie qui ne s'est pas dissoute, on la lave avec de l'eau distillée bouillante (1). Dans la liqueur filtrée, à laquelle on réunit les eaux du lavage, on verse de l'ammoniaque ; s'il se forme un précipité, on le recueille sur un filtre, on le lave, et dans les nou-

(1) A défaut d'eau distillée, on peut se servir d'eau de pluie, et, pour le cas particulier, de toutes les eaux qui ne seront pas précipitées par l'oxalate d'ammoniaque, l'acide oxalique, ou la dissolution de sel d'oseille.

velles liqueurs filtrées on ajoute de l'oxalate d'ammoniaque. S'il y a de la chaux, elle se dépose à l'état d'oxalate; il convient de laisser le dépôt tranquille pendant cinq ou six heures: la liqueur est alors parfaitement éclaircie; et l'on s'assure, par l'addition de quelques gouttes de solution d'oxalate d'ammoniaque, que la totalité de la chaux a été précipitée, car alors la liqueur doit rester limpide. On reçoit l'oxalate de chaux sur un filtre, on le lave et on le sèche. On introduit l'oxalate dans un creuset de platine, et on chauffe au rouge obscur jusqu'à ce que le papier du filtre soit entièrement consumé, jusqu'à ce qu'on n'aperçoive plus de trace de charbon. On retire le creuset du feu; et lorsqu'il est froid, on imbibe la matière qui s'y trouve, avec une solution concentrée de carbonate d'ammoniaque. On dessèche avec précaution pour éviter toute projection, et on chauffe au rouge naissant; on ferme le creuset avec son couvercle, et on le pèse quand il est suffisamment refroidi, afin d'avoir le poids de la matière contenue. Cette matière est du carbonate de chaux (1). 100 de ce carbonate représentent 56,3 de chaux et 43,7 d'acide carbonique.

J'ai dit qu'il pouvait se rencontrer dans un sol arable des carbonates autres que le carbonate calcaire. Il

(1) Quand on opère avec quelque précision, on défalque du carbonate, le poids des cendres du filtre qui a été consumé, après avoir déterminé la quantité de cendre laissée par le papier à filtre. Il faut, par conséquent, peser au centigramme les filtres dont on se sert pendant le cours de l'analyse.

arrive assez communément que les sols calcaires, par exemple, contiennent du carbonate de magnésie. Si l'on tenait au dosage de cette terre, la méthode que je viens d'indiquer y conduirait aisément. En effet, il suffirait d'évaporer la liqueur au sein de laquelle s'est déposé l'oxalate de chaux, et de calciner ensuite le produit de l'évaporation dans une capsule de platine. Au rouge obscur, le nitrate de magnésie se décomposerait, ainsi que l'oxalate d'ammoniaque ajouté en excès. En reprenant par l'eau le résidu de la calcination, on obtiendrait la magnésie, qu'on n'aurait plus qu'à calciner après l'avoir lavée.

On peut, quand on se contente d'une approximation, déterminer la quantité de calcaire contenue dans une terre végétale, en se bornant à doser l'acide carbonique. On équilibre sur le plateau de la balance une fiole renfermant de l'acide azotique faible. On pèse une certaine quantité de la terre à essayer; et, après l'avoir placée sur une petite feuille de clinquant, on la fait tomber peu à peu dans la liqueur acide. Si la terre renferme des carbonates en proportion notable, il se fait une effervescence. On agite la liqueur avec précaution; et après avoir attendu pendant quelques minutes pour laisser dissiper à l'acide carbonique mêlé à l'air de la fiole, on porte la liqueur acide sur la balance. S'il n'y avait pas eu de dégagement de gaz acide carbonique, il est clair que, pour rétablir l'équilibre, il suffirait de mettre dans le plateau opposé à celui sur lequel se trouve la fiole, un poids égal à celui de la terre: or, ce qui

manque à ce poids représente précisément l'acide carbonique dégagé. En supposant cet acide combiné à la chaux, on en conclura le poids du carbonate calcaire.

Le sulfate de chaux fait quelquefois partie des sols. Pour s'assurer de sa présence et le recueillir avec assez d'exactitude, voici de quelle manière il faut procéder.

La terre bien pulvérisée est d'abord grillée, pendant longtemps, dans un creuset, ou mieux encore dans une capsule de platine, jusqu'à la destruction complète de la matière organique; il est convenable d'opérer sur environ 100 grammes. Après cette opération, la matière est mise en ébullition dans quatre ou cinq fois son poids d'eau distillée : cette ébullition peut se faire dans une casserole de cuivre ou d'argent. On agite, et on remplace l'eau à mesure qu'elle s'évapore; on filtre; on lave la terre; et après avoir réuni toutes les liqueurs, on évapore dans une capsule, jusqu'à ce que le volume du liquide soit réduit à un ou deux décilitres. On ajoute au liquide ainsi concentré, un volume d'alcool égal au sien (1). Si la dissolution contient du sulfate de chaux, ce sel se déposera; il suffira de le recevoir sur un filtre; après l'avoir lavé avec de l'alcool faible, on le pèsera après qu'il aura été desséché et calciné. On voit souvent ce sel se déposer en aiguilles fines et incolores par le refroidissement de la liqueur suffisamment rapprochée.

(1) A défaut d'alcool, on peut employer de l'eau-de-vie; mais alors il faut ajouter 4 volumes d'eau-de-vie pour 1 volume de liquide concentré.

Mais l'intervention de l'alcool est toujours utile, parce que le sulfate de chaux, très-peu soluble dans l'eau, est tout à fait insoluble dans l'alcool faible, qui dissout au contraire certains sels alcalins et terreux qui peuvent l'accompagner dans cette circonstance.

Il peut y avoir un grand intérêt à constater la présence des phosphates dans un sol. Bien que la recherche de l'acide phosphorique demande une certaine habitude de l'analyse chimique, j'indiquerai néanmoins la manière d'arriver à la détermination de cet acide. Il est d'ailleurs à désirer que les agriculteurs ne restent pas absolument étrangers à ce genre de manipulations.

Un très-habile chimiste, M. Malaguti, décrit ainsi la manière de découvrir et de doser l'acide phosphorique des phosphates. Traiter par l'acide nitrique 15 ou 20 grammes de la terre préalablement desséchée et broyée, faire bouillir pendant un quart d'heure, ajouter de l'eau, filtrer et laver les matières restées sur le filtre. Evaporer à siccité, dans une capsule de porcelaine, la liqueur filtrée; sur le résidu obtenu, verser 12 à 15 grammes d'esprit-de-vin, aiguisé de deux ou trois gouttes d'acide nitrique. Séparer cet esprit-de-vin au moyen du filtre, et ajouter au liquide alcoolique quelques gouttes d'une dissolution d'acétate de plomb. Si la terre examinée renferme des phosphates, il se formera un précipité de phosphate de plomb. Le poids de ce phosphate donne celui de l'acide phosphorique. On dose avec assez de facilité l'acide phosphorique, par une méthode dont le principe, dû à M. Berthier,

est fondé, d'une part, sur la forte affinité de cet acide pour le peroxyde de fer, et de l'autre sur l'insolubilité du phosphate de fer dans l'acide acétique affaibli par l'eau. On procède comme il suit :

Faire bouillir, pendant quelques minutes, la terre à examiner avec de l'acide chlorhydrique (muriatique) étendu d'environ son volume d'eau. Après le refroidissement, jeter le mélange sur un filtre, laver le filtre avec de l'eau bouillante. Réunir les liqueurs filtrées pour les évaporer jusqu'à siccité, arroser le résidu avec un peu d'acide chlorhydrique ; et, après avoir laissé digérer pendant une demi-heure, jeter sur un filtre et laver. Dans le liquide froid provenant de la filtration et du lavage, ajouter de l'acétate de peroxyde de fer. Si la liqueur contient de l'acide phosphorique, il se formera un précipité de phosphate de peroxyde de fer. On ajoute l'acétate goutte à goutte ; et quand la liqueur est éclaircie par le dépôt du phosphate, on essaye si une nouvelle goutte d'acétate n'y occasionne plus de précipité. On introduit le tout, liquide et précipité, dans un vase de la capacité d'un litre environ, qu'on remplit avec de l'eau ; et on lave huit à dix fois par décantation.

Le précipité lavé est versé sur un double filtre (1). On laisse égoutter ; puis on sèche le tout au bain-marie. Après la dessiccation, on pèse comparativement le

(1) Par double filtre, il faut entendre deux filtres, mis l'un dans l'autre, faits avec le même papier, et ayant le même poids. Le filtre extérieur devient la tare du filtre intérieur, qui porte le phosphate.

filtre intérieur sur lequel a été recueilli le précipité, et le filtre extérieur : la différence représente le poids du phosphate de peroxyde de fer, dans lequel il entre 47,7 pour 100 d'acide phosphorique.

D'après ce qui précède, on voit que l'utilité la moins contestable de l'analyse chimique dans l'étude des sols se réduit à la recherche de quelques principes très-peu abondants, mais dont l'action est certainement utile à la végétation. Quant à la détermination relative des sables et de l'argile, elle repose sur un simple lavage; et un chimiste exercé emploierait mal son temps, en cherchant, à l'aide des moyens analytiques dont la science dispose, la composition élémentaire de ces substances. La partie la plus subtile, entraînée par l'eau, présentera toujours des propriétés analogues à celles de l'argile; le sable, le plus souvent siliceux, rappellera les caractères du quartz, de même que les fragments calcaires qui s'y trouveront mélangés offriront ceux du carbonate de chaux. Il suffit donc, en ce qui concerne la constitution minéralogique des terres labourables, d'exposer très-succinctement les propriétés générales de l'argile, du quartz et du carbonate calcaire, substances qui sont réellement la base de tous les sols cultivés.

L'argile pure, composée de silice, d'alumine et d'eau, ne renferme pas ces matières à l'état de simple mélange. Les recherches de M. Berthier ont parfaitement établi que l'argile est un silicate hydraté d'alumine. Lorsqu'on vient, par exemple, à enlever une partie de l'alumine d'une argile, en la traitant

par un acide puissant, la silice, mise à nue, est susceptible de se dissoudre dans une dissolution alcaline; ce qui n'arriverait pas, si cette silice se trouvait à l'état de sable quartzeux.

Les argiles pures sont blanches, onctueuses. Leurs caractères les plus communs sont de happer à la langue quand elles sont sèches, et d'émettre, par l'insufflation, une odeur bien connue, et qu'on désigne par le nom d'odeur argileuse. Cette propriété de l'argile sèche, de happer, d'adhérer avec force aux corps humides, est une conséquence de son avidité pour l'eau. On sait, en effet, que cette substance, quand elle est mise en contact avec ce liquide, se gonfle d'abord, puis finit par s'y délayer complétement. Lorsqu'on l'humecte convenablement, on peut en former des pâtes liantes et éminemment plastiques. Lorsqu'elles restent exposées à l'air, ces pâtes argileuses subissent un retrait considérable, en abandonnant graduellement leur eau surabondante. Si la dessiccation est trop rapide, la masse se fendille dans tous les sens. C'est à une action de ce genre que sont dues les crevasses, les nombreuses fissures qui sillonnent les terres arables trop argileuses, aux époques des grandes sécheresses.

L'eau de constitution, dans les argiles, s'y trouve retenue par une affinité puissante; elle ne s'en sépare qu'à la chaleur rouge.

L'argile pure a une pesanteur spécifique d'environ 2,5; au reste, cette densité est souvent modifiée par la présence de matières étrangères. Ainsi elle

renferme du sable, des oxydes métalliques, de la pyrite, du carbonate de chaux, de la magnésie, et quelquefois même des substances combustibles, depuis le bitume jusqu'au graphite. Ces mélanges modifient souvent les propriétés que l'on estime le plus dans les argiles, comme la finesse de la pâte, la blancheur, l'infusibilité au feu de forge.

Voici la composition de quelques argiles analysées par M. Berthier :

LOCALITÉS.	SILICE.	ALUMINE.	MAGNÉSIE.	OXYDE DE FER.	EAU.
Forges...........	65,0	24,0	»	traces.	11,0
Devonshire.......	49,6	37,4	»	»	11,2
Le Montet........	61,6	24,7	»	2,2	10,0
Pantin près Paris..	50,6	10,5	7,2	5,7	26,0

Le *quartz* est très-abondamment répandu dans la nature ; on le rencontre sous des états très-divers : en cristaux transparents, incolores, comme le *cristal de roche;* en sable de différentes grosseurs ; enfin, en masses considérables formant de véritables roches, dans les terrains d'une époque ancienne.

Le quartz est la silice des chimistes, qu'ils considèrent comme le résultat de l'oxydation du silicium; selon Berzélius, elle serait composée de 100 de radical et de 108 d'oxygène. À l'état de pureté, c'est une poudre blanche, rude au toucher, et d'une densité égale à 2,7. La silice est infusible au feu le plus



violent qu'il soit possible de produire par les moyens ordinaires; cependant, lorsqu'on la soumet à la chaleur résultant de la combustion d'un mélange de gaz hydrogène et de gaz oxygène, non-seulement elle fond, mais, comme l'a observé M. Gaudin, elle se volatilise.

Dans l'état sous lequel on l'obtient le plus ordinairement, la silice est considérée comme étant insoluble dans l'eau; toutefois, lorsqu'elle est extrêmement divisée, quand, par exemple, elle provient de l'oxydation du sulfure de silicium par son contact avec l'eau, elle est soluble. D'ailleurs, son insolubilité n'est probablement pas aussi absolue qu'on le suppose communément. M. Payen en a trouvé des quantités notables dans l'eau jaillissante du puits artésien de Grenelle et dans celle de la Seine. La silice existe surtout en quantité très-appréciable dans certaines eaux thermales, où la présence d'une matière alcaline favorise sa dissolution. L'eau chaude et jaillissante de Reikum, en Islande, en contient environ 4 millièmes de son poids; et la source thermale de *Las Trincheras*, près *Puerto-Cabello*, dont la température est de 99° centigrades, dépose d'abondantes concrétions siliceuses. Cette eau ne renferme presque autre chose que de la silice, du gaz hydrogène sulfuré, et quelques traces de gaz azote (1).

Le cristal de roche, quand il est limpide et inco-

---

(1) Boussingault, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXIII, p. 272, 2e série.

lore, peut être considéré comme de la silice pure. Dans les variétés de quartz que les minéralogistes comprennent sous les dénominations de *silex*, de *calcédoine*, d'*agate* et d'*opale*, la silice se trouve associée à différentes substances minérales et quelquefois à de l'eau, comme le montrent les résultats des analyses que je vais rapporter :

SUBSTANCES.	SILICE.	ALUMINE.	CHAUX.	OXYDE DE FER et de MANGAN.	EAU.	ANALYSTES.
Quartz pur........	99,4	»	»	»	»	Bucholz.
Quartz améthyste..	97,3	0,3	»	0,7	1,3	Rose.
Quartz rouge.....	90,0	traces.	»	9,1	»	Berzélius.
Silex	86,4	»	10,0	1,2	»	Vauquelin.
Calcédoine.......	96,1	»	»	0,8	3,1	Beudant.
Cornaline........	94,0	5,5	»	0,8	»	Bindheim.
Opale de Hongrie.	91,3	»	»	»	8,7	Beudant.
Opale du Mexique.	92,0	»	»	0,3	7,8	Klaproth.

Le *carbonate de chaux*, comme roche, appartient à toutes les époques de la série géologique. Il constitue souvent des terrains très-étendus. On le voit avec l'aspect grenu, saccharoïde, former des couches puissantes dans les gneiss ou les micaschistes, et on le retrouve dans les dépôts les plus modernes des continents, à l'état plus ou moins mélangé avec de l'argile. Lorsqu'il est entièrement pur, le carbonate de chaux est composé de :

Chaux................ 56,3
Acide carbonique....... 43,7
Sa densité est alors de 2,7 à 2,9

Il se dissout avec effervescence, sans laisser de résidu, dans l'acide chlorhydrique ou l'acide azotique.

Chauffé à une haute température, son acide se dégage, et il reste de la chaux vive. Le carbonate de chaux est considéré comme insoluble dans l'eau; il s'y dissout néanmoins en quantité très-notable à la faveur du gaz acide carbonique. Lorsqu'une semblable dissolution est exposée à l'air, l'acide se dissipe peu à peu et le carbonate se dépose. C'est à cette dernière circonstance qu'est due la production de ces nombreux dépôts de tufs, de stalactites. Cette propriété que possède le carbonate calcaire, de se dissoudre dans l'eau acidulée par l'acide carbonique, permet d'entrevoir comment les sols peuvent transmettre ce sel aux plantes, par la raison que les eaux qui coulent à la surface du globe ne sont jamais exemptes d'acide carbonique.

Les substances minérales que nous venons d'étudier, prises isolément, formeraient un sol à peu près stérile; cependant, en les mélangeant avec discernement, on pourrait obtenir une terre qui offrirait toutes les conditions de fertilité. Ces conditions dépendent bien moins de la constitution chimique des matériaux du sol, que de leurs propriétés physiques; telles que la faculté d'imbibition, la densité, la couleur, la conductibilité pour la chaleur, etc. C'est bien certainement par l'étude de ces diverses propriétés, qu'on parvient à se faire une idée précise des causes qui déterminent ou qui excluent les qualités que l'on exige des terres cultivables : c'est ce qu'un physicien distingué, Schübler, a parfaitement compris; et son beau travail, qui va nous servir de guide, restera comme un mo-

dèle de l'application des sciences à l'agriculture (1).

Les recherches de Schübler ont porté sur les substances minérales qui se trouvent communément dans les sols, savoir :

1° Le sable siliceux ;

2° Le sable calcaire ;

3° L'argile maigre, renfermant environ 0,40 de sable ;

4° L'argile grasse, ne contenant que 0,24 de sable ;

5° La terre argileuse, donnant encore 0,11 de sable ;

6° L'argile à peu près pure, composée de :

Silice.............	58,0
Alumine..........	36,0
Oxyde de fer.......	05,2

7° Le carbonate de chaux pulvérulent, qui se rencontre sous divers états de ténuité, dans les terres, dans la marne ;

8° L'humus ;

9° Le gypse ;

10° La terre de jardin légère, noire, friable, fertile, contenant pour 100 :

Argile............	52,4
Sable quartzeux....	36,5
Sable calcaire......	1,8
Terre calcaire......	2,0
Humus............	7,3

11° Terre labourable, prise dans un champ d'Hoffwyl, composée de :

(1) Schübler, *Annales de l'Agriculture française*, t. XL, p. 122, 2e série.

Argile	51,2
Sable siliceux	42,7
Sable calcaire	0,4
Terre calcaire	2,3
Humus	3,4

12° Terre labourable, prise dans un vallon situé dans le voisinage du Jura, contenant :

Argile	33,3
Sable siliceux	63,0
Sable calcaire	1,2
Terre calcaire et humus.	1,2
Perte	1,3

Ces recherches ont eu pour objet de constater :

1° La pesanteur spécifique ; 2° la faculté de retenir l'eau ; 3° la consistance; 4° l'aptitude à la dessiccation ; 5° le retrait subi par la dessiccation ; 6° le pouvoir hygrométrique ; 7° l'absorption de l'oxygène de l'air; 8° la faculté de retenir la chaleur; 9° l'échauffement par la chaleur solaire.

Pesanteur spécifique des terres. — On peut comparer le poids des terres entre elles, sous un volume donné, à l'état sec et pulvérulent, ou à l'état humide. Enfin on peut se proposer de déterminer la pesanteur spécifique des particules qui les composent. Cette dernière détermination s'obtient facilement par la méthode suivante :

On prend un flacon ordinaire, bouchant à l'émeri. On le pèse bouché et plein d'eau distillée (1). On le

(1) Il est bon de terminer la partie inférieure du bouchon en forme de biseau, pour pouvoir boucher facilement. J'ai quelquefois pratiqué un trait de lime sur la surface cylindrique du bouchon.

vide, pour y introduire une quantité connue de la matière pulvérulente, desséchée. On ajoute alors de l'eau et l'on agite, pour faciliter l'imbibition et aider le dégagement des bulles d'air ; on achève de remplir le flacon ; et quand la partie supérieure de l'eau est éclaircie, on pose le bouchon : on essuie le flacon, et l'on procède à la pesée (1).

La différence du poids du flacon plein d'eau, augmenté de celui de la matière, avec le poids du flacon contenant la matière et de l'eau, donne le poids de l'eau déplacée par cette même matière. Ainsi :

Poids du flacon plein d'eau...	60gr,0
Poids de la matière..........	24, 0
Le flacon devrait peser......	84, 0
Flacon, eau et terre, pèsent...	74, 4
Différence ou eau déplacée....	9, 6

C'est le poids d'un volume d'eau égal à celui de la matière introduite dans le flacon.

On a donc, pour la pesanteur spécifique de la terre, le poids de l'eau étant 1, $\frac{24}{9,6}=2,5$.

Ce nombre représente le poids spécifique moyen des particules isolées de la poudre sur laquelle on a

(1) Il est impossible de faire sortir tout l'air interposé dans les corps pulvérisés par ce moyen, qui toutefois est suffisamment exact pour l'objet dont il s'agit ici. — Dans des recherches délicates, il faut, après avoir ajouté une certaine quantité d'eau sur la poudre, faire bouillir pendant quelque temps. On fait bouillir aisément l'eau dans des flacons à fond plat et très-épais, en plaçant ces flacons sur un petit bain de sable chauffé à la lampe. On peut aussi extraire les dernières particules d'air, en plaçant le flacon dans le vide.

opéré : mais il ne faudrait pas vouloir déduire de cette densité le poids d'un volume quelconque de terre, d'un mètre cube par exemple ; on arriverait à un chiffre beaucoup trop fort. Le poids d'un volume donné de terre doit être déterminé directement, en la tassant dans un moule d'une capacité connue. Schübler a expérimenté sur des matières sèches et sur des matières humides. Les terres avaient été desséchées dans une étuve, à la température de 40° à 50° centigr. Celles qui étaient humides avaient absorbé toute l'eau qu'elles pouvaient retenir, sans en laisser échapper lorsqu'on les plaçait sur un filtre.

Résultats des expériences sur la densité des terres.

DÉSIGNATION DES TERRES.	PESANTEUR SPÉCIFIQUE, l'eau 1.	POIDS DU LITRE DE TERRE COMPRIMÉE.	
		SÈCHE.	HUMIDE.
		kilog.	kilog.
Sable calcaire.............	2,822	2,085	2,605
Sable siliceux.............	2,753	2,044	2,494
Gypse....................	2,358	1,676	2,350
Argile maigre.............	2,701	1,799	2,386
Argile grasse.............	2,652	1,621	2,194
Argile pure...............	2,591	1,376	2,126
Terre calcaire fine, carbonate de chaux...............	2,468	1,006	1,758
Humus..................	1,235	0,632	1,428
Terre de jardin...........	2,332	1,499	1,744
Terre arable d'Hoffwyl......	2,401	1,537	2,180
Terre arable du Jura (1)....	2,526	1,731	2,126

(1) A cette liste, Schübler ajoute la magnésie carbonatée ; mais j'ai quelque raison de penser que l'auteur a opéré sur la *magnesia alba*, qui ne répond point du tout au carbonate de magnésie qui se rencontre effectivement dans certains sols. J'ai cru devoir, par conséquent, supprimer toutes les observations qui se rapportent à cette *magnésie carbonatée*.

On voit par ces résultats : 1° que le sable siliceux, le sable calcaire, sont les plus pesantes des matières minérales de la terre arable; 2° que l'argile est celle qui possède la densité la moins forte; 3° que l'humus ou terreau a une densité beaucoup moindre que celle de l'argile; 4° qu'une terre composée étant généralement d'autant plus pesante qu'elle contient plus de sable, et d'autant plus légère qu'elle renferme plus d'argile, de terre calcaire et d'humus, il est possible de conclure de la densité d'un terrain, la nature des principes qui y dominent.

Imbibition des terres par l'eau. — La faculté que possèdent les sols de retenir l'eau, en s'opposant à une évaporation trop rapide, est extrêmement importante, par l'influence qu'elle exerce sur la fertilité. On mesure comparativement cette propriété de la manière suivante :

On prend 20 grammes de terre; on la dessèche à 40° ou 50°, jusqu'à ce qu'elle ne diminue plus de poids par une dessiccation prolongée. On en fait une pâte très-liquide, que l'on verse sur un filtre de papier gris, préalablement mouillé, et pesé humide. Le vase dans lequel la terre a été délayée, est lavé, et l'eau de lavage réunie avec soin à la matière qui se trouve sur le filtre. Lorsqu'il ne sort plus d'eau du bec de l'entonnoir qui supporte le filtre, on pèse. L'augmentation de poids est due à l'eau retenue par la terre. Ainsi :

Poids de la terre desséchée....	20,0
Poids du filtre humide........	5,0
	25,0
Filtre et terre imbibée........	35,0
Eau absorbée...............	10,0

Dans l'expérience que je viens de citer, 100 de terre sèche ont pris 50 d'eau.

Le tableau suivant résume les essais faits sur l'imbibition. Dans les deux dernières colonnes, on trouve exprimées en poids, les quantités d'eau et de matière sèche contenues dans un litre de terre humide.

DÉSIGNATION DES TERRES.	EAU ABSORBÉE par 100 PARTIES de terre.	UN LITRE DE TERRE MOUILLÉE CONTIENT	
		EAU.	TERRE.
		kil.	kil.
Sable siliceux...............	25	0,499	1,995
Gypse (à l'état hydraté).......	27	0,501	1,855
Sable calcaire..............	29	0,582	2,021
Argile maigre..............	40	0,682	1,654
Argile grasse...............	50	0,730	1,464
Argile pure................	70	0,875	1,251
Terre calcaire fine..........	85	0,808	0,950
Humus....................	190	0,935	0,493
Terre de jardin.............	89	0,821	0,923
Terre arable d'Hoffwyl......	52	0,745	1,435
Terre arable du Jura........	48	0,689	1,437

Le sable siliceux ou calcaire, le gypse, ont, comme on peut le voir, le moins d'affinité pour l'eau ; l'argile pure en a retenu beaucoup plus. L'adhérence de l'eau à la chaux carbonatée très-divisée mérite d'être remarquée. La terre calcaire fine en a conservé 87 pour 100, plus que l'argile pure ; pendant que le

sable calcaire n'en a gardé que 29 pour 100. Ce fait prouve combien l'état de division influe sur les propriétés physiques des sols ; et l'on comprend qu'il ne faut pas négliger, lorsque l'on signale la présence du calcaire dans une terre arable, d'indiquer sous quelle forme et à quel degré de ténuité il s'y trouve.

L'humus est la substance qui s'est montrée la plus avide d'humidité ; l'on conçoit, d'après cela, pourquoi les terres arables riches de ce principe ont toujours une si forte affinité pour l'eau.

Ténacité, cohésion, adhérence des terres. — La ténacité, la consistance du sol, sont des propriétés importantes, que les cultivateurs expriment, en disant d'une terre qu'elle est forte ou légère, selon que, pour la façonner à la culture, ils sont obligés de dépenser plus ou moins de force.

Pour éprouver comparativement les terres, sous le rapport de leur ténacité à l'état sec, M. Schübler moulait les différentes matières convenablement humectées, en parallélipipèdes égaux et semblables. Lorsque ces solides étaient complétement secs, il faisait poser leurs extrémités sur des supports fixes ; et au moyen d'un plateau de balance suspendu exactement au milieu de la longueur des prismes, il les chargeait progressivement de poids, jusqu'à déterminer la rupture. La charge supportée par chaque parallélipipède, immédiatement avant sa rupture, exprime sa ténacité.

En façonnant un sol humide, il faut non-seulement surmonter sa force de cohésion, mais encore et prin-



cipalement vaincre son adhérence aux instruments aratoires. Cette considération a engagé M. Schübler à évaluer, toujours d'une manière comparative, la force qu'il est nécessaire de déployer dans le travail des différentes espèces de terrains. Comme les matériaux qui entrent communément dans la construction des instruments aratoires sont le fer et le bois, on s'est borné à déterminer l'adhérence du sol à ces deux substances. Dans les épreuves dont nous allons exposer les résultats, on s'est servi de deux disques, l'un en fer, l'autre en bois de hêtre, présentant une surface égale. Le disque était attaché à l'extrémité du bras d'une balance très-sensible, on le mettait en contact parfait avec la matière humide, et, lorsqu'il adhérait, on chargeait de poids le plateau opposé, jusqu'à ce que l'adhérence fût vaincue. Dans ce genre d'expérience, il est indispensable que les terres soient à un degré constant d'humidité : dans ce but, on les soumettait aux essais, lorsqu'elles étaient à leur maximum d'imbibition.

L'argile pure et sèche a offert la plus grande ténacité. Pour faciliter les comparaisons, on a représenté cette ténacité par 100; les ténacités des autres matières ont été rapportées à celles de l'argile. Les parallèlipipèdes des terres dont on a déterminé la cohésion avaient 45,2 millimètres de longueur, et 13,5 millimètres sur les deux autres dimensions.

Voici les résultats obtenus dans ces deux séries d'expériences :

TABLEAU.

DÉSIGNATION DES TERRES.	TÉNACITÉ de la terre sèche, celle de l'argile étant 100.	TÉNACITÉ exprimée EN POIDS.	COHÉSION à l'état humide; adhérence verticale au fer et au bois, sur un décimètre carré.	
			FER.	BOIS.
		kil.	kil.	kil.
Sable siliceux......	0	0	0,17	0,19
Sable calcaire......	0	0	0,19	0,20
Terre calcaire fine..	5,0	0,55	0,65	0,71
Gypse............	7,3	0,81	0,49	0,53
Humus............	8,7	0,97	0,40	0,42
Argile maigre......	57,3	6,36	0,35	0,40
Argile grasse.......	68,8	7,64	0,48	0,52
Terre argileuse.....	83,3	9,25	0,78	0,86
Argile pure........	100,0	11,10	1,22	0,32
Terre de jardin.....	7,6	0,84	0,29	0,34
Terre d'Hoffwyl....	33,0	3,66	0,26	0,28
Terre du Jura......	22,0	2,44	0,24	0,27

Schübler admet, d'après ces recherches, qu'un sol desséché est d'un travail très-facile, lorsque sa ténacité ne dépasse pas 10, celle de l'argile pure étant égale à 100, à l'état humide. Les sols se laissent encore façonner avec facilité lorsque l'adhérence sur une surface de 1 décimètre carré est représentée par un poids de 0,15 kilogr. à 0,30 kilogr. Passé ce dernier terme, les difficultés augmentent rapidement; et il faut déjà dépenser une force assez considérable pour la surmonter, quand cette adhérence pour la même surface répond à 0,70 kilogr.

La ténacité d'un sol humide n'est pas en raison directe de la facilité d'imbibition. L'humus et la terre calcaire très-divisée, qui absorbent beaucoup plus d'eau que l'argile, sont cependant moins tenaces. Enfin, l'eau rend les sols sablonneux plus consistants.

Tous les praticiens savent combien les terres labou-

rées humides sont rendues plus meubles par l'effet de la gelée. L'eau, par l'expansion qu'elle éprouve en devenant solide, écarte et désagrége les molécules du sol. Schübler a mesuré par les moyens ci-dessus indiqués l'effet de l'expansion causée par la congélation de l'eau interposée dans les terres. Il a trouvé que la cohésion de l'argile grasse desséchée, qui est égale à 68, descend à 45, lorsque avant sa dessiccation la pâte argileuse a été soumise à la gelée. Par la même cause, la cohésion de la terre arable d'Hoffwyl a éprouvé un changement dans le même sens.

Aptitude du sol à la dessiccation. — La faculté de laisser dissiper dans l'atmosphère l'eau dont elles sont surchargées, est tout aussi essentielle aux bonnes terres, que celle de la retenir dans une juste proportion. Les terrains qui abandonnent avec trop de lenteur l'humidité acquise pendant l'hiver, présentent de graves embarras au cultivateur. Ils sont souvent inabordables au printemps, et occasionnent par conséquent des semailles tardives ; de plus, si ces terres s'égouttent difficilement elles ne donnent que des récoltes médiocres. Dans le plan qu'il avait adopté, Schübler ne pouvait pas négliger d'étudier l'aptitude des sols à une dessiccation plus ou moins rapide; c'est ce qu'il a fait, au moyen d'expériences comparatives, exécutées par la méthode suivante :

Un disque métallique, muni d'un rebord et offrant très-peu de profondeur, était suspendu au bras d'une balance. Sur ce disque, on étendait aussi uniformément que possible la terre préalablement amenée à

contenir le maximum d'eau qu'elle pouvait absorber. On notait le poids du disque ainsi chargé, et on le pesait de nouveau, après l'avoir fait séjourner pendant quatre heures dans une chambre, dont la température était entretenue à 19°. On obtenait ainsi le poids de l'eau évaporée. On achevait ensuite la dessiccation de la terre à l'étuve. Voici le détail d'une opération :

	Grammes.
Poids de la terre humide..................	310
Après 4 heures d'exposition à l'air, elle pèse.	260
Eau évaporée............................	50
Poids de la terre humide..................	310 gr.
Après la dessiccation complète.............	200
Quantité absolue de l'eau contenue dans la terre mise en expérience................	110

Ainsi, sur 100 parties de l'eau d'imbibition il y en a eu 45, 5 perdues pendant la dessiccation à l'air, à la température d'environ 19 degrés. On trouverait facilement une méthode plus rigoureuse ; mais il est évident qu'en opérant ainsi, on se plaçait dans des circonstances à peu près semblables à celles où s'opère communément la dessiccation des terres arables.

Les résultats ont été :

Désignation des terres.	100 parties d'eau de la terre mouillée perdent, en 4 heures et à 19° :
Sable siliceux.	88,4
Sable calcaire............	75,9
Gypse...................	71,7
Argile maigre............	52,0
Argile grasse............	45,7
Terre argileuse..........	34,9
Argile pure..............	31,9

Calcaire en poudre fine....	28,0
Humus..................	20,5
Terre de jardin...........	24,3
Terre arable d'Hoffwyl....	32,0
Terre arable du Jura......	40,1

Le sable et le gypse sont de toutes les substances examinées, celles qui laissent échapper l'eau le plus facilement. Nous retrouvons encore ici, pour la chaux carbonatée, ces grandes différences dépendantes du degré de ténuité. On voit aussi que l'humus retient l'eau avec une très-grande force.

Les terres, en se desséchant, éprouvent un retrait sensible ; c'est la cause des crevasses qui se montrent dans le sol. On a évalué ce retrait en mesurant des prismes de terre humide, avant et après leur dessiccation à l'ombre.

Désignation des terres.	1000 parties cubes se réduisent à :
Chaux carbonatée en poudre fine..	950
Argile maigre..................	940
Argile grasse....................	911
Terre argileuse..................	886
Argile pure.....................	817
Humus..........................	846
Terre de jardin..................	851
Terre arable d'Hoffwyl..........	880
Terre arable du Jura............	905

Le gypse, le sable siliceux et calcaire, ne figurent pas dans ce tableau, parce qu'ils n'ont présenté aucune diminution de volume. L'humus a éprouvé le retrait le plus fort; aussi l'humus sec se gonfle considérablement, lorsqu'on le mouille. Cette propriété explique l'exhaussement qui survient dans certains sols tourbeux, à l'époque des pluies.

Propriétés hygrométriques des terres. Les agriculteurs admettent que les terres douées de la propriété d'attirer l'humidité de l'atmosphère, se rencontrent généralement parmi les plus fertiles. Cette faculté hygrométrique ne doit pas se confondre avec celle de retenir l'eau d'imbibition. Elle paraît dépendre particulièrement de leur porosité, et probablement aussi des sels plus ou moins déliquescents qu'elles peuvent renfermer, même en très-petite quantité. Davy était disposé à considérer cette faculté hygrométrique des sols comme un indice constant de leur bonne qualité (1). Les essais tentés dans cette direction confirment cette prévision. Dans les essais entrepris par Schübler, on constatait l'augmentation de poids éprouvée par les terres sèches, exposées pendant un temps déterminé dans une atmosphère toujours également saturée d'humidité, et dont la température était maintenue entre 15 et 18° cent. Les terres séjournaient dans cette atmosphère humide pendant un nombre d'heures qui est indiqué en tête des colonnes du tableau suivant.

TABLEAU.

(1) Davy, *Chimie agricole*, t. I p,. 221.

DÉSIGNATION DES TERRES.	500 centigrammes de terres étendues sur une surface de 36000 millimètres carrés ont absorbé en			
	12 HEURES.	24 HEURES.	48 HEURES.	72 HEURES.
	centig.	centig.	centig.	centig.
Sable siliceux.	0	0	0	0
Sable calcaire	1,0	1,5	1,5	1,5
Gypse	0,5	0,5	0,5	0,5
Argile maigre	10,5	13,0	14,0	14,0
Argile grasse	12,5	15,0	17,0	17,5
Terre argileuse	15,0	18,0	20,0	20,5
Argile pure	18,5	21,0	24,0	24,5
Calcaire en poudre fine.	13,0	15,5	17,5	17,5
Humus	40,0	48,5	55,0	60,0
Terre de jardin	17,5	22,5	25,0	26,0
Terre arable d'Hoffwyl.	8,0	11,5	11,5	11,5
Terre arable du Jura	7,0	9,5	10,0	10,0

Des résultats compris dans le tableau précédent, on peut conclure :

1° Que la faculté d'absorption s'affaiblit à mesure que les terres acquièrent de l'humidité ;

2° Que l'humus est la substance la plus hygrométrique de toutes celles examinées ;

3° Que les argiles qui absorbent le plus d'humidité, sont celles qui contiennent le moins de sable, et que le sable siliceux et le gypse n'en prennent pas d'une manière appréciable.

Absorption du gaz oxygène par les terres arables. — Avant 1793, M. de Humboldt avait déjà remarqué que les terres argileuses, la pierre lydienne, certains schistes, l'humus, peuvent priver l'air de son oxygène. Il avait également reconnu que les parois des grandes excavations taillées dans l'argile salifère des mines du Salzbourg, absorbent ce gaz, et rendent ainsi irrespirable et impropre à la combustion l'atmosphère sta-

gnante des travaux souterrains. Enfin, ce savant illustre avait parfaitement constaté, à cette époque, que des terres prises dans les galeries de mine ne deviennent fertiles qu'après avoir été exposées à l'air pendant un temps assez long. Je cite ces curieuses observations, parce qu'à ma connaissance ce sont les premières qui aient établi d'une manière précise la nécessité de la présence de l'oxygène dans les interstices des sols destinés à la culture, ou, comme le disait alors M. de Humboldt, et comme on peut encore le dire aujourd'hui, l'utilité d'une oxydation préalable du sol.

Tous les faits agricoles confirment, effectivement, cette utile intervention de l'air dans un terrain destiné à porter des plantes. Ainsi, lorsque par un labour profond on ramène une partie du sol inférieur dans la couche arable, dans le but d'en augmenter l'épaisseur, on diminue toujours momentanément la fertilité des fonds; et il faut, malgré l'action des engrais et des façons, un certain temps pour que le sous-sol ajouté produise un effet avantageux; il faut qu'il ait été soumis aux actions atmosphériques, et c'est alors seulement qu'un défoncement bien exécuté, donnant à la couche arable une plus grande profondeur, paye amplement les déboursés qu'il a exigés.

Je suis disposé à attribuer l'absorption du gaz oxygène par les argiles, à l'oxyde de fer que ces substances renferment presque constamment, et qui s'y trouvent au minimum d'oxydation, lorsque l'argile gît à une certaine profondeur. En 1822, alors que

j'exécutais un sondage dans le terrain tertiaire du département du Bas-Rhin, j'eus l'occasion de remarquer que les argiles ramenées par la sonde, de blanches qu'elles étaient, devenaient très-promptement bleues par leur exposition à l'air, et qu'en se colorant ainsi elles condensaient de l'oxygène. Je me propose de revenir sur ce fait, pour montrer le rôle important que cette simple suroxydation joue probablement dans l'amélioration des sols (1).

De son côté, Schübler a étudié l'action du gaz oxygène sur les parties constituantes des terres cultivées, et, selon lui, l'absorption de ce gaz ne saurait être douteuse; elle est très-faible pour le sable et le gypse, très-prononcée pour l'argile et l'humus. Comme M. de Humboldt et de Saussure, cet habile physicien a vu l'humus changer une partie de l'oxygène fixé en acide carbonique; mais, en général, les autres matières sur lesquelles il a expérimenté paraissent absorber l'oxygène par l'intermédiaire de l'oxyde de fer au minimum dont elles ne sont jamais exemptes. Indépendamment de cette cause due à la suroxydation d'un métal, Schübler pense qu'une partie de l'oxygène disparaît, condensé qu'il est par la porosité de certaines terres, et il invoque à l'appui de son opinion les belles observations de Saussure, re-

(1) Austin a prouvé que, pendant l'oxydation du fer métallique placé dans l'eau, il y a production constante d'ammoniaque. Des expériences commencées depuis quelque temps, et que je continue, établiront, je l'espère, que cette formation d'ammoniaque a également lieu pendant le passage de l'oxydule de fer à l'état d'hydrate de peroxyde.

latives à la condensation des gaz par les corps poreux. Partant de ce fait, que les racines ont besoin, pour prospérer, de la présence de l'oxygène, il attribue une action plus énergique au gaz comprimé dans les interstices du terrain. L'action de l'air sur les racines se conçoit suffisamment dans un sol meuble de sa nature, surtout s'il a reçu des labours suffisants, sans qu'il soit bien nécessaire d'avoir recours à cette explication.

Conductibilité des terres pour la chaleur. — La quantité de chaleur qu'un sol reçoit, retient ou abandonne dans un temps déterminé, dépend du pouvoir conducteur dont il est doué. Schübler a cherché à mesurer relativement ce pouvoir par la méthode dite du *refroidissement*.

Dans un vase de métal de 595 centimètres cubes de capacité, et rempli de la substance à essayer, on plaçait un thermomètre dont la boule occupait le centre. La température initiale étant portée à 62°, 5, on cherchait, pour chaque substance, le temps nécessaire pour qu'elle s'abaissât à 21°, 2, la température de l'air ambiant étant maintenue à 16°,2.

TABLEAU.

DÉSIGNATION DES TERRES.	FACULTÉ de retenir la chaleur, celle du sable calcaire étant de 100.	TEMPS que 595 cent. cubes de terre mettent à se refroidir de 62°,5 à 21°,2, l'air ambiant étant à 16°,2.
		h. m.
Sable calcaire	100,0	3,30
Sable siliceux	95,6	3,27
Gypse	73,2	2,34
Argile maigre	76,9	2,41
Argile grasse	71,1	2,30
Terre argileuse	68,4	2,24
Argile pure	66,7	2,19
Calcaire en poudre fine	61,8	2,10
Humus	49,0	1,43
Terre de jardin	64,8	2,16
Terre arable d'Hoffwyl	70,1	2,27
Terre arable du Jura	74,3	0,36

Les remarques générales que suggèrent ces expériences, sont qu'à volumes égaux le sable calcaire ou siliceux, comparé aux autres substances possède au plus haut degré la propriété de retenir la chaleur. Cette faculté explique la température élevée et la sécheresse que conservent en été les terrains sablonneux, même pendant la nuit.

C'est l'humus qui présente la conductibilité la plus grande.

Échauffement des terres exposées au soleil. — Il n'est personne qui n'ait eu l'occasion d'observer la forte température que les corps peuvent acquérir lorsqu'ils restent exposés à l'action du soleil. Il en est, comme le sable sec, comme certaines roches colorées, qui deviennent brûlantes. C'est surtout par la chaleur solaire que le sol, au printemps, lorsqu'il n'est pas

encore ombragé par les feuilles, s'échauffe et perd l'excès d'humidité qu'il a reçu pendant l'hiver. Tous les agriculteurs savent combien cet échauffement est variable, même pour les terres les plus voisines. Une argile blanche, humide, s'échauffera beaucoup moins qu'un sol calcaire ou sablonneux, fortement coloré. Les différences que l'on observe dans la chaleur acquise par les terres dépendent : 1° de l'état de leur surface ; 2° de leur composition ; 3° de la quantité d'eau imbibée qui, par son évaporation, tend à abaisser la température ; 4° de l'angle d'incidence des rayons solaires. Schübler, à l'aide d'une méthode non irréprochable, mais qui trouve son excuse dans la difficulté du sujet, a mesuré les températures acquises par différentes terres sèches et humides, exposées au soleil, pendant le même laps de temps, et dans des conditions aussi semblables que possible. Les nombres obtenus sont consignés dans le tableau ci-joint :

Tableau.

DÉSIGNATION DES TERRES.	TEMPÉRATURE MAXIMA de la couche supérieure, la température moyenne de l'air ambiant étant 25°.	
	Terre humide.	Terre sèche.
	degrés centig.	degrés centig.
Sable siliceux, gris jaunâtre....	37,25	44,75
Sable calcaire, gris blanchâtre..	37,38	44,50
Gypse clair, gris blanchâtre....	36,25	43,62
Argile maigre, jaunâtre........	36,75	44,12
Argile grasse.............	37,25	44,50
Terre argileuse, gris jaunâtre...	37,38	44,62
Argile pure, gris bleuâtre......	37,50	45,00
Terre calcaire, blanche.........	35,63	43,00
Humus, gris noir.............	39,75	47,37
Terre de jardin, gris noir......	37,50	45,25
Terre arable d'Holfwyll, grise ..	36,88	44,25
Terre arable du Jura, grise.....	36,50	43,75

En comparant les circonstances qui concourent à l'échauffement du sol par l'action solaire, on trouve que la couleur, l'humidité et l'angle d'incidence de la lumière sont les plus influentes ; elles peuvent occasionner des différences de température de 14° à 15°. La nature de la surface, la composition des terres sont loin d'en faire naître d'aussi fortes. Mais, selon Schübler, ces différences thermométriques pourront même s'élever jusqu'à 25°, si l'on a égard à l'inclinaison du sol.

Les agriculteurs classent les diverses espèces de terrains d'après leur fertilité et suivant le genre de culture plus ou moins avantageux qu'elles sont aptes à recevoir. Dans la pratique, on a adopté deux grandes divisions principales : les terres fortes et les terres légères. Tout terrain appartient, en tout ou en partie, à l'une ou à l'autre de ces divisions.

Dans les terres *fortes* domine l'argile, dans les terres *légères* le sable. Les premières sont tenaces, peu perméables, d'une dessiccation lente; les secondes sont meubles : elles se dessèchent promptement et demandent moins de forces pour être travaillées. Le terreau ajoute toujours aux qualités de ces deux terres, douées de propriétés aussi opposées; mais son utilité se remarque surtout dans les sols argileux, dont il affaiblit l'extrême ténacité.

Les terres fortes participent des avantages et des inconvénients particuliers à l'argile : elles absorbent beaucoup d'humidité, résistent à la sécheresse, et retiennent avec énergie l'eau indispensable à l'existence des plantes. Le terreau qu'elles contiennent, ou les engrais qu'on y répand dans le cours de la culture, s'y conservent longtemps, préservés qu'ils sont de l'action trop active des agents atmosphériques, et le pouvoir fertilisant de ces matières est rarement interrompu par une dessiccation trop forte. Cependant par des temps extrêmement pluvieux, ou dans les années d'une sécheresse extraordinaire, les avantages que je viens d'énumérer disparaissent. Par des pluies trop abondantes, trop fréquentes, les terres argileuses deviennent démesurément humides; souvent même elles se délayent complétement. Par une dessiccation trop prolongée, on les voit au contraire durcir, au point que les plantes ne peuvent plus les pénétrer; elles se gercent, se fendillent profondément, et les racines périssent faute d'être convenablement abritées. J'ajouterai que la gelée occasionne des effets

tout aussi désavantageux ; de sorte que les sols très-argileux éprouvent la même influence fâcheuse de la part de deux causes diamétralement opposées : la grande chaleur des étés et le froid intense des hivers.

Dans un semblable terrain, les travaux deviennent quelquefois inexécutables, soit que, transformé en une boue liquide, les chariots n'y puissent plus circuler, soit par l'adhérence de la pâte argileuse, qui, s'attachant à la charrue, à la herse, empêche toute manœuvre ; ou bien encore par la dureté, comparable à celle de la pierre, que prennent les terres fortes à la suite de sécheresses prolongées.

Les terres légères accumulent rarement un excès d'humidité ; aussi elles redoutent les sécheresses. Les cultures y sont infiniment plus faciles et occasionnent peu de dépenses ; la végétation est plus hâtive, mais l'engrais moins profitable que dans les sols argileux, parce que les eaux pluviales le dissolvent et l'entraînent.

Les défauts de ces deux espèces de terrain sont de nature à se compenser, à se neutraliser, et c'est du mélange de ces sols extrêmes que résultent les terres reconnues comme les plus favorables à la culture.

En soumettant à l'analyse mécanique un grand nombre de terres labourables, en étudiant en même temps les cultures les plus convenables à ces terres et leur fertilité relative, Thaer et Einhoff nous ont transmis des résultats qui peuvent servir de base à la classification pratique des sols arables (1).

(1) Thaer, *Principes raisonnés d'agriculture*, t. II, p. 115.

Un sol argileux proprement dit contient ordinairement 40 pour cent de sable. Si le sable y entre pour une proportion moindre, les récoltes y sont déjà très-casuelles, et sa ténacité devient telle qu'il exige dans les façons une dépense de forces considérable. Ce sol argileux, lorsqu'il renferme une quantité suffisante d'humus et qu'il est convenablement amendé, peut être considéré comme une assez bonne terre à froment. L'orge réussit mieux que le froment quand le contenu en sable descend à 30. Au-dessous de ce nombre, on a un sol propre à l'avoine. La culture du froment est encore possible dans les terres ayant de 40 à 50 pour cent de sable; passé ce terme, dans les sols à 50 ou 60 de sable, il est plus avantageux de cultiver de l'orge. Ce terrain ne tombe pas en poussière par des labours réitérés, comme il arrive à celui qui est plus riche en principe siliceux, et il ne se durcit pas à la suite des sécheresses, comme les terrains plus argileux, parce qu'il retient encore assez d'humidité. Il convient également bien au trèfle, aux tubercules, aux racines pivotantes, et à plusieurs plantes commerciales, comme le tabac, le colza, le lin, etc. Il est presque toujours abordable aux charrois, circonstance qui permet d'apporter le plus grand soin dans les cultures.

Dans les terrains donnant par le lavage 60 à 80 pour cent de sable, la réussite du froment n'est plus assurée. A 70 de sable, il cesse d'être propre à la culture de cette céréale, à moins de précautions toutes particulières; mais il est convenable à l'orge, et c'est

surtout dans un semblable terrain que les récoltes de seigle ont le plus de succès.

Un sol avec cette dose de sable est toujours d'un travail aisé, bien qu'il soit plus sujet à être envahi par les mauvaises herbes qu'une terre décidément argileuse. Les engrais y sont promptement détruits, par la raison que j'ai déjà donnée : aussi convient-il de le fumer souvent, en administrant moins d'engrais à la fois.

Un terrain à 75 pour cent de sable est qualifié par Thaer de terrain à avoine. Jusqu'à contenir 85 pour cent de sable, on le considère comme propre à cette céréale; ce terme dépassé, on ne doit y semer que du seigle ou du sarrasin, si toutefois il a reçu une dose suffisante d'engrais. Les labours réitérés que l'on est obligé de donner à ce sol sablonneux, pour extirper les herbes nuisibles qui s'y développent abondamment, peuvent le rendre tellement meuble, que le seigle même n'y réussisse plus. Le mieux alors, pour le consolider, est de lui donner du repos en le mettant en prairie.

Il est très-difficile de tirer un parti quelconque, du moins dans nos climats, d'un sol dans lequel il existe 90 pour cent de sable ; dans un temps sec, c'est un véritable terrain mouvant. Comme nous l'avons déjà établi, le calcaire peut remplacer dans le sol le rôle que joue le sable ; comme lui, il tend à détruire le lien qui unit si fortement entre elles les particules de l'argile ; mais il paraît qu'en outre le calcaire, surtout lorsqu'il est dans un grand état de division,

contribue réellement à l'amélioration des terres.

Le tableau suivant contient les résultats obtenus par Thaer et Einhoff. Je crois devoir observer que, d'après ce qui a été dit plus haut sur la difficulté du dosage de l'humus, cette matière est évidemment portée beaucoup trop haut dans plusieurs de ces analyses, qui mériteraient d'être faites de nouveau, en employant les procédés actuellement en usage.

DÉSIGNATION DES TERRES.	DÉNOMINATION USUELLE.	ARGILE.	SABLE.	CALCAIRE	HUMUS.
Argile avec humus	Riche terre à froment....	74	10	4	11,5
Id.	Id.	81	6	4	8,5
Id.	Id.	79	10	4	6,5
Terre marneuse............	Id.	40	22	36	4
Terre légère, avec humus...	Terrain de prairies.......	14	49	10	27
Terrain sablonneux, humus..	Riche terre à orge.......	20	67	3	10
Terrain argileux...........	Bonne terre à froment. ..	58	38	2	4
Terrain marneux...........	Terre à froment.........	56	30	12	2
Terrain argileux...........	Id.	60	38	»	2
Terrain glaiseux	Id.	48	50	»	2
Glaise....................	Id.	68	30	»	2
Terrain glaiseux...........	Terre à orge de 1re classe.	38	60	»	2
Id.	Id. de 2e classe..	33	65	»	2
Glaise sablonneuse.........	Id. id.	28	70	»	2
Id.	Terre à avoine..........	23,5	75	»	1,5
Sable argileux.............	Id.	18,5	80	»	1,5
Id.	Terre à seigle...........	14	85	»	1
Terrain sablonneux.........	Id.	9	90	»	1
Id.	Id.	4	95	»	0,75
Id.	Id.	2	97,5	»	0,5

Schwertz a résumé, au point de vue pratique, les opinions de Thaer sur la valeur des différents terrains. Admettant aussi, qu'il est convenable de juger le sol d'après ses produits, il adopte également, comme échelle de comparaison, la culture des céréales, en prenant pour termes extrêmes le froment et le seigle : le premier réussissant dans les mauvais terrains argileux, le second végétant encore dans

les sols sablonneux les plus médiocres. Dans ces terres *limites*, le froment et le seigle viennent fort mal, à la vérité; mais entre ces deux extrêmes se trouvent comprises toutes les variétés de sols qui résultent de la fusion des terres les plus fortes, les plus tenaces, avec les terres les plus légères, depuis l'argile la plus consistante jusqu'au sable mouvant. Dans ces sols mixtes, de qualités intermédiaires, le froment et le seigle s'avancent graduellement l'un vers l'autre, en recrutant l'orge, l'avoine, le sarrasin, jusqu'à ce qu'ils se rencontrent au milieu de l'échelle, dans un terrain neutre, qui permet la culture de toutes les céréales.

Schwertz dispose son échelle de la manière suivante (1) :

0. Sable mouvant......................	0. Argile tenace.
1. Terre à seigle......................	1. Terre à blé.
2. Terre à seigle et à sarresin...........	2. Terre è blé et avoine.
3. Terre è seigle, sarrasin, evoine........	3. Terre à blé, evoine, petite orge.
4. Terre è seigle, avoine et à petite orge..	4. Terre à blé et à grosse orge.
5. Terre à blé, seigle, orge et avoine.	

Les espèces de sol qui répondent à ces diverses cultures sont :

1. Sable léger sec..................	1. Argile froide, tenace.
2. Sable frais très-peu ergileux.....	2. Argile légèrement humide.
3. Seble argileux..................	3. Argile chaude, sèche.
4. Argile sablonneuse.............	4. Argile riche.
	5. Argile.

Les considérations précédentes sont plus que suffisantes pour se former une idée précise de ce qu'il faut entendre par la composition des sols arables; néan-

(1) Schwertz, *Préceptes d'agriculture pratique*, trad. de Schauenbourg, p. 49.

moins, pour les compléter, je rapporterai les analyses de terres cultivables exécutées par divers chimistes, à une époque où l'on attachait une certaine importance à ce genre de recherches. De l'ensemble des recherches faites jusqu'à présent, il semble d'ailleurs résulter que les bonnes terres à froment contiennent généralement une assez forte proportion de carbonate calcaire; et la théorie, d'accord avec la pratique la plus judicieuse, tend à indiquer qu'il est avantageux de faire intervenir ce sel calcaire dans les engrais destinés aux terres qui en sont privées, ou qui ne le renferment qu'à trop faible dose. Ainsi l'analyse d'une terre à colza des environs de Lille, par M. Berthier, a donné :

Silice...............	78,2
Alumine............	7,1
Peroxyde de fer......	4,4
Chaux	1,9
Magnésie...........	0,8
Acide carbonique.....	1,4
Eau	5,8
	99,6

Cette terre avait été desséchée à l'air, après avoir été réduite en poudre ; par cette dessiccation elle a perdu 34 pour 100 d'humidité ; il est remarquable qu'on n'y ait pas rencontré de matière organique. M. Berthier pense que cette terre gagnerait en fertilité par l'intervention d'une certaine quantité de calcaire, et M. Cordier explique par la faible proportion de ce sel l'inconvénient qu'elle présente dans la culture des céréales : la tige de ces plantes est trop

faible, principalement dans les années pluvieuses; les récoltes versent fréquemment avant la maturité (1).

Si la présence du calcaire est une garantie pour les récoltes en s'opposant au *versage* de la céréale, l'analyse faite par M. Berthier prouve néanmoins que le carbonate de chaux n'est pas indispensable, puisqu'en définitive on obtient de beaux froments dans les terres des environs de Lille. Je citerai encore, à l'appui de cette opinion, l'analyse d'un sol des plus fertiles qu'il soit possible de rencontrer, je veux parler de la terre noire de *Tchornoi-zem* qui, au rapport d'un géologue des plus distingués, M. Murchison, constitue la superficie du sol arable, compris entre le 54[e] et le 57[e] degré de latitude nord, occupant la rive gauche du Volga, jusqu'à *Tcheboksar,* de Nijni à Kasan, et couvrant encore un district des plus étendus, sur le côté asiatique des monts Ourals. M. Murchison croit que ce terrain est un dépôt sous-marin produit par l'accumulation de sables riches en matière organique. Le Tchornoi-zem est composé de grains noirs mêlés de particules sablonneuses; c'est le meilleur sol que la Russie possède pour le blé et les pâturages; il suffit d'une jachère continuée pendant une ou deux années pour lui rendre toute sa fertilité; jamais on ne lui applique des engrais (2).

(1) Cordier, *Mémoire sur l'agriculture de la Flandre française*, p. 232.

(2) Murchison, *Bibliothèque universelle de Genève*, t. XLIV, p. 400, nouvelle série.

M. Payen a trouvé dans le Tchornoi-zem desséché :

Matière organique..	6,95	(contenant 2,45 p. 100 d'azote).
Silice.............	71,56	
Alumine..........	11,40	
Oxyde de fer.......	5,62	
Chaux	0,80	
Magnésie..........	1,22	
Chlorures alcalins. .	1,21	
Acide phosphorique.	trace	
Perte.	1,24	
	100,00	

Bergman a donné pour la composition d'un sol fertile de la Suède :

Carbonate de chaux....	30	
Gravier...............	30	Argile.
Silice................	26	Argile.
Alumine.............	14	Argile.
	100,0	

Plusieurs terres arables fertiles du Sénégal, desséchées à l'air et analysées par Laugier, dont la précision est si généralement appréciée, contenaient:

	LOCALITÉS.				
	Raweï.	Doukitt.	Diague.	Roso.	N'Dick.
Sable siliceux et silice....	87,0	72,0	89,0	78,0	91,0
Alumine...............	3,6	10,0	3,0	7,0	1,8
Oxyde de fer...........	3,4	8,0	3,6	5,2	3,0
Carbonate de chaux.....	trace	trace	0,5	trace	0,5
Matière organique et eau.	4,4	10,0	3,6	9,0	3,0
Perte	1,6	»	0,3	0,8	0,7
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

M. Plagne, qui a étudié les cultures de la côte de

Coromandel, divise les terres arables dont il a fait l'examen en argileuses, sablonneuses et mixtes. Sous ce climat, les sols argileux sont les plus estimés par les planteurs ; on les destine particulièrement à la culture du riz en paille (*nelis*). Pendant la plus grande partie de l'année, ces terres sont irriguées. Les sols sablonneux sont toujours arides, quand il n'est pas possible de les arroser, et c'est le cas le plus général ; on y cultive seulement, durant la saison pluvieuse, des menus grains et des légumes. Les sols mixtes conviennent aux différentes plantes : on doit les considérer comme les sols sablonneux, améliorés par une longue culture (1).

Composition des terres arables de Coromandel, desséchées au bain-marie.

	Argileuses.	Sablonneuses.	Mixtes.
Silice	22,0	82,0	64,0
Alumine	59,0	6,5	19,5
Carbonate de chaux	3,5	3,5	2,5
Oxyde de fer	2,5	4,0	4,0
Phosphate de magnésie	»	2,0 (phosphate et sulfate)	trace.
Sulfate de chaux	»		
Matière organique azotée	5,0	»	7,0
Humidité et perte	8,0	2,0	3,0
	100,0	100,0	100,0

Un examen comparatif de la composition des sols supposés secs, dans lesquels on cultive l'arbre à thé, en Chine et dans la colonie d'Asam, a conduit M. Piddington aux résultats suivants :

(1) Plagne, *Annales maritimes et coloniales*, t. III, année 1825, p. 50.

	Terre à thé	
	de la Chine.	d'Asam (1).
Silice et sable................	76,0	84,8
Alumine.....................	9,0	4,5
Oxyde de fer.................	9,9	7,0
Phosphate et sulfate de chaux...	1,0	traces.
Matière organique............	1,0	1,5
Eau.........................	3,0	2,3
	99,9	100,1

Humphri Davy a trouvé à différents sols cultivés de l'Angleterre les compositions inscrites dans ce tableau (2).

Tableau.

(1) Robinson, *A Descriptive account of Asam*, p. 130.
(2) Davy, *Chimie agricole*, t. I.

LOCALITÉS.	SABLE SILICEUX et gravier.	SILICE.	ALUMINE.	CARBONATE de chaux.	CARBONATE de magnésie.	OXYDE DE FER.	SELS ET MATIÈRE organique.	SULFATE DE CHAUX.	HUMIDITÉ.	PERTE.	REMARQUES.
Comté de Kent...	66,3	5,2	3,3	4,8	8,0	1,2	8,0	0,5	4,9	5,0	Bonne qualité, culture du houblon.
Norfolk........	88,9	1,7	1,2	7,0	»	0,3	0,6	»	0,3	»	Id. sol à turneps.
Middlessex......	60,0	12,8	11,6	11,2	»	»	4,4	»	»	»	Très-bonne qualité, terre à froment.
Worcesshire....	60,0	16,4	14,0	5,6	»	1,2	2,8	»	»	»	Sol extrêmement fertile.
Vallée de Tiviot.	83,3	7,0	6,8	0,7	»	0,8	1,4	»	»	»	Bonne qualité.
Salisbury.......	9,1	12,7	6,4	57,3	»	1,8	12,7	»	»	»	Sol d'un excellent pâturage.

Une terre fertile, destinée à la culture du lin, en Hollande, renferme sur 100 parties, après dessiccation :

Potasse	0,58
Soude	0,31
Peroxyde de fer	6,05
Oxyde de manganèse	traces.
Alumine	5,63
Chaux	3,04
Magnésie	0,10
Acide sulfurique	0,02
Acide phosphorique	0,16
Chlorure de sodium	0,23
Matières organiques et eau (1).	5,84
Argile	17,08
Sable	60,96
	100,00

Nous devons à M. de Gasparin des recherches sur quelques sols calcaires du midi de la France; les terres soumises à l'examen avaient été préalablement desséchées à la température de 40°. L'humus a été dosé par différence, après l'avoir dissous à l'aide d'une forte solution alcaline. Cette méthode, recommandée par Einhoff, laisse beaucoup à désirer sous le rapport de l'exactitude. Elle ne donne pas la matière organique insoluble dans l'alcali (2).

PROVENANCE DES TERRES.	HUMUS.	CALCAIRE.	ARGILE.	SABLE.	REMARQUES.
Du Thor (Vaucluse)	7,3	92,5	6,0	1,5	Médiocre terre à blé.
Alluvion du Rhône	5,4	2,3	55,5	42,7	Bonne pour garance, blé et luzerne.
De Palus, près Orange	2,5	55,5	45,5	1,0	Mauvaise terre à blé.
Anciens dépôts du Rhône, près Tarascon	5,0	32,5	56,0	11,5	Bonne terre à blé, très-médiocre pour garance.
Des plaines d'Orange	4,0	50,0	48,0	2,0	Id. mauvaise terre à garance.
Des environs d'Auch	1,5	3,5	73,0	25,0	

(1) L'eau qui n'a pas été chassée à la température à laquelle la dessiccation a été effectuée.

(2) De Gasparin, *Recueil de Mémoires sur l'Agriculture*, t. II, p. 200.

Le sol dit *terre franche de Clamart*, recherché par les jardiniers de Paris pour faire la base de leurs diverses compositions, contient:

Argile sablonneuse..........	57,0
Argile fine................	33,0
Gros sable siliceux...........	7,4
Graviers calcaires............	1,0
Carbonate de chaux divisé....	0,6
Débris de végétaux...........	0,5
Terreau....................	0,5
	100,0

Un élément important dont il faut tenir compte dans l'appréciation de la valeur des terrains, quelle que soit d'ailleurs leur nature particulière, est l'épaisseur du sol arable. En ouvrant une tranchée dans un champ cultivé, on distingue à la première vue la profondeur à laquelle descend la partie du sol désignée communément par le nom de terre végétale; c'est une couche souvent imprégnée d'humus, et généralement plus meuble que le sol qui la supporte. L'épaisseur de cette couche est extrêmement variable; ordinairement elle est de 16 centimètres; elle se tient généralement entre 8 et 35 centimètres, et c'est uniquement dans des circonstances que l'on doit considérer comme exceptionnelles que cette épaisseur atteint jusqu'à 1 mètre et plus. Tels sont certains amas de terre végétale accumulée par les eaux, ou bien encore le sol si épais et si riche en terreau que l'on observe fréquemment dans les forêts vierges de l'Amérique équatoriale. La profondeur de la terre végétale chargée d'humus est toujours une circonstance

heureuse et des plus favorables à la culture. Si, à la vérité, les racines des plantes ne descendent pas toujours assez pour profiter de la richesse du sol inférieur, le cultivateur peut, par des labours profonds, ramener ce sol vers la surface, et le faire concourir efficacement à la fertilité du terrain. Indépendamment de ces avantages, une terre végétale épaisse est bien moins exposée aux inconvénients de l'humidité et de la sécheresse ; l'eau absorbée, répartie sur une plus grande masse, ne reflue pas, comme cela arrive dans les sols de peu de profondeur, elle reste en réserve pour servir dans la saison sèche.

La couche sur laquelle repose la terre végétale est le *sous-sol ;* il est important de l'examiner, car les qualités, et par conséquent la valeur du terrain en culture, ont toujours une certaine relation avec la nature et les propriétés de cette couche sous-adjacente. Très-souvent, surtout dans les contrées montagneuses, la constitution minérale du sous-sol est la même que celle du sol ; et la différence que celui-ci peut présenter provient principalement de la présence du terreau et de l'état plus meuble résultant de la végétation, du travail et des influences atmosphériques. Par des labours profonds exécutés avec prudence, on augmente l'épaisseur de la terre arable aux dépens du sous-sol; et, quand les engrais sont abondants, l'opération marche avec assez de rapidité. Toutefois, il est avéré que par l'introduction d'une certaine quantité de la couche inférieure, le terrain perd momentanément de sa fertilité, et que dans les conditions ordi-

naires, il se passe quelquefois plusieurs années avant que l'amélioration devienne sensible.

Dans les plaines, sur les plateaux étendus, l'analogie de constitution entre le sol et le sous-sol n'est plus aussi constante. Dans de semblables situations, la terre arable est souvent un dépôt alluvial dû à la destruction, à la désagrégation de terrains qui gisaient à de grandes distances. Quand les couches superposées possèdent des propriétés entièrement différentes, en quelque sorte opposées, on comprend que la terre végétale puisse être améliorée par l'adjonction d'une certaine dose du sous-sol, et c'est le cas où l'amélioration est la moins dispendieuse. C'est ordinairement de l'imperméabilité de la couche inférieure que provient la trop grande humidité d'un sol cultivé. Une terre forte, tenace par excès d'argile, perd une partie des inconvénients qui résultent de cette constitution, si elle est supportée par une couche sablonneuse; d'abord par l'amélioration évidente qui doit ressortir du mélange des deux couches, et ensuite parce qu'il y a toujours un avantage positif à ce qu'une terre douée d'une forte affinité pour l'eau soit superposée à un sous-sol très-perméable. La situation inverse n'est pas moins désirable. Un sol léger, meuble, aura une plus grande valeur s'il repose sur un fond plus dense et capable de retenir l'humidité, à la condition cependant que ce fond argileux ne soit pas trop inégal, qu'il ne présente pas de ces larges concavités dans lesquelles les eaux se rassemblent et croupissent : un sous-sol imperméa-

ble, pour agir efficacement dans cette circonstance, doit avoir une pente suffisante qui lui permette de s'égoutter, ou bien il faut y établir un système de rigoles pour faciliter l'écoulement de l'eau en excès. En un mot, la distinction la plus nécessaire à établir entre les sous-sols est celle de perméable et d'imperméable. En effet, connaissant la nature de la terre végétale, il est facile de juger des avantages ou des inconvénients que peut offrir la couche sous-adjacente, selon la faculté qu'elle aura de retenir ou de laisser filtrer les eaux.

Dans certaines localités, particulièrement sur les versants des montagnes, la couche de terre arable a une épaisseur très-limitée, et il n'est pas rare de la voir reposer sur des roches douées d'une grande cohésion, comme le granit, le porphyre, le micaschiste. Dans de telles conditions, on n'a guère à espérer de changer le sous-sol en terre cultivable; et la seule méthode d'amélioration qui soit alors possible, est de transporter directement de la terre végétale sur les cultures capables de payer ce transport. Le schiste micacé est, sous ce rapport, moins intraitable que le granit; les outils l'entament plus aisément, et, à la longue, il n'est pas impossible de le faire entrer dans la terre cultivée. On est généralement plus disposé à considérer les roches calcaires comme formant un sous-sol moins défavorable (1). Il est effectivement des pierres calcaires qui absorbent l'eau et se délitent;

(1) Thaer, t. II, p. 143.

les racines de plusieurs plantes, comme le sainfoin, la spergule, y pénètrent profondément; mais il est aussi de ces mêmes roches, douées d'une cohésion assez forte pour résister pendant fort longtemps à toute action décomposante.

Les qualités que nous avons cherché à apprécier dans les terrains, ne dépendent pas uniquement de leur constitution minéralogique, de leurs propriétés physiques, et de celles des sous-sols qui les portent. Ces qualités, pour devenir manifestes, exigent que les sols soient placés dans certaines conditions dont on ne doit pas négliger de tenir compte. Telles sont celles du climat où les terres sont situées, de leur position plus ou moins inclinée par rapport à l'horizon, de leur orientation. Les préceptes que nous avons donnés sont particulièrement applicables aux sols cultivés d'une partie de l'Allemagne, de l'Angleterre et de la France. Mais, en généralisant, nous devons admettre que les terrains argileux conviennent mieux dans les climats secs, et les sols sablonneux dans les régions où les pluies sont fréquentes. Kirvan avait déjà fait cette remarque (1), en discutant de nombreuses analyses de terres à froment. La conséquence à laquelle est arrivé le célèbre chimiste, est qu'un sol considéré dans un pays pluvieux comme le plus propre à la culture du blé, serait jugé d'une manière tout à fait opposée dans une contrée où les pluies seraient moins fréquentes. La fertilité des sols sablonneux est certai-

(1) De Candolle, *Physiologie*, p. 1229.

nement en rapport avec le phénomène de la pluie, et surtout avec la fréquence de ses retours. Ainsi à Turin, où il pleut souvent, on considère comme fertile un sol renfermant 77 à 80 pour 100 de sable; tandis que dans les environs de Paris, où il pleut moins qu'à Turin, un bon sol n'en contient pas plus de 50 (1). Un terrain sablonneux qui, dans le midi de la France, n'aurait qu'une très-faible valeur, présenterait, selon M. Sinclair, des avantages réels sous le climat humide de l'Angleterre.

L'irrigation supplée à la pluie ; et dans les contrées où les circonstances permettent d'y avoir recours, la question de la constitution des sols perd à peu près toute son importance. Quand on peut l'humecter, il suffit que la terre soit meuble pour acquérir toute la fécondité que peuvent lui donner le climat et les engrais. Les déserts arides sont stériles, parce qu'il n'y pleut jamais. Sur les plages sablonneuses des côtes de la mer du Sud, on voit une végétation active suivre les sinuosités des rares rivières qui les traversent : tout est poudreux et inculte au delà. J'ai assisté à la récolte de riches moissons de maïs, sur le plateau des Andes de Quito, dans un sable presque mouvant, mais abondamment et habilement irrigué.

Un sol sablonneux, peu cohérent, est d'autant mieux situé, qu'il occupe les parties les moins élevées d'une contrée ; alors il est moins exposé à la sécheresse. La position inclinée est défavorable à un sem-

(1) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 35.

blable terrain, car alors il s'égoutte trop vite, et souvent même il est entraîné par les pluies. C'est pour s'opposer à cette action des eaux pluviales que l'on préfère laisser les pentes abruptes couvertes d'arbres et mieux encore de gazon, dans le but de retenir la terre végétale, et l'on connaît assez les conséquences déplorables qui sont résultées des déboisements et des défrichements intempestifs opérés dans les pays montagneux.

Les terres fortes s'accommodent mieux, au contraire, des situations opposées. Une inclinaison, quand elle n'est pas exagérée, leur convient parfaitement; aussi, dans le labour des sols argileux et plats, il est avantageux de former des billons qui, en exhaussant, en bombant les pièces cultivées, rendent les eaux moins permanentes.

Dans les régions placées en dehors des tropiques, où, par conséquent, l'ombre se projette durant toute l'année, suivant une même direction, l'orientation d'une culture n'est pas une chose indifférente. Dans notre hémisphère, les terrains très-inclinés vers le nord reçoivent moins de chaleur et de lumière : ils restent plus longtemps humides, et la végétation y fait moins de progrès que dans les sols tournés vers le midi ; mais, en revanche, ces derniers sont plus exposés à souffrir de la sécheresse. Néanmoins, il paraît bien constaté maintenant, par des faits nombreux recueillis en Suisse et dans le nord de l'Écosse, que les pentes qui descendent vers le nord sont réellement les plus productives, quand elles ne sont pas

trop abruptes. On explique cette sorte d'anomalie par la fréquence des dégels qui ont lieu bien plus souvent sur les versants méridionaux. La gelée, quand elle n'est pas très-intense, est certainement moins nuisible aux végétaux qu'un dégel trop brusque ; et l'on comprend que dans une station élevée, là où, par le simple effet du rayonnement nocturne, les plantes, dans presque toutes les matinées du printemps, sont couvertes d'une couche de givre, le dégel ait lieu chaque jour, aussitôt après l'apparition des premiers rayons du soleil. Au nord, la gelée a lieu également ; mais la cause qui la fait cesser ne se manifeste pas aussi subitement, la fusion de la glace étant produite par l'échauffement graduel de l'air ambiant. Au reste, il est clair que les avantages ou les inconvénients de ces expositions diverses sont liés à la nature, à la constitution des sols ; on peut en dire autant des abris qui les garantissent de l'action des vents régnants. Des terres argileuses et humides gagnent à être exposées à l'action d'un air abondamment renouvelé ; nos sols tenaces de Bechelbronn restent impraticables aux attelages pendant une trop grande partie du printemps, quand ils n'ont pas été suffisamment séchés en mars et en avril, par un vent impétueux venant de l'est. Les terrains sablonneux demandent au contraire à être bien abrités.

L'étude du sol doit avoir pour objet son amélioration ; l'industrie du cultivateur peut effectivement exercer plus d'influence sur les terres que sur les autres agents de la végétation. Améliorer un sol,

c'est modifier sa constitution, ses propriétés physiques, afin de les mettre en harmonie avec le climat et les exigences de la culture. Dans une contrée où domine un terrain trop argileux, il faut s'appliquer à lui faire acquérir, à un certain degré, les qualités des sols légers. La théorie indique les méthodes à suivre pour opérer ces changements; ainsi, il suffit d'introduire du sable dans les terres trop tenaces, de l'argile ou de la glaise dans celles qui sont sablonneuses. Mais ces conseils de la science, que le simple bon sens eût d'ailleurs indiqués, sont rarement réalisables dans la pratique, et ils ne peuvent paraître faciles qu'aux personnes entièrement étrangères à l'économie rurale. Le défoncement du sol, le transport des matériaux, sont des opérations coûteuses, et à cet égard je puis citer ce qui se passe sous mes yeux : nos terres de Bechelbronn sont généralement fortes; l'expérience faite dans les jardins a prouvé que, par une addition de sable, elles sont considérablement améliorées. Au milieu du domaine est placée une usine qui rejette une quantité de sable telle, qu'elle en devient envahissante, et cependant nous croyons que l'amélioration par le sable serait trop coûteuse pour l'entreprendre. On en jugera, au reste, par les détails d'une expérience tentée à ce sujet.

Sur la pièce du *Rummel*, d'une contenance de 2,29 hectares, on a sablé à une épaisseur de 5 centimètres, c'est-à-dire qu'on a porté sur le terrain 1010 mètres cubes de sable.

La distance du centre de la pièce au lieu de char-

gement du sable est à peu près de 200 mètres; le transport s'est effectué pendant l'hiver, en 915 chargements.

Voici l'état des dépenses occasionnées par cette opération.

214 journées de cheval	à 1 fr. 50.....	321 fr. » c.
3 1/2 — d'ouvriers	à 1 25.....	4 37
23 3/4 — —	à 1 ».....	23 75
134 1/4 — —	à 0 90.....	120 82
	Total........	469 94

Ainsi, la dépense d'amélioration pour un hectare, dans des circonstances aussi favorables, a été de 213 fr. 60 c. La terre avant cette opération était estimée à 3,000 fr. l'hectare; resterait à savoir ce qu'elle a gagné en valeur. L'effet favorable du sablage s'est fait sentir l'année suivante, alors que la terre, ainsi amendée, portait du trèfle intercalé dans une céréale : ce fut, chose singulière, de toutes les soles de ce fourrage la seule qui ait résisté à l'extrême sécheresse qui se fit sentir dans cette même année. Dans les conditions extrêmement favorables où l'on a opéré, l'opération présentera probablement quelques avantages ; mais comme la principale dépense a consisté en transport, il est vraisemblable que ces avantages ne se réaliseraient plus si les terres étaient situées à plusieurs kilomètres du dépôt de sable.

Le *colmatage* est l'introduction de l'argile, de la glaise, dans les terres très-sablonneuses. Dans certaines contrées le colmatage est pratiqué sur une très-grande échelle. Le procédé le plus simple pour col-

mater consiste à épandre sur le terrain à consolider, de l'argile en morceaux; ainsi exposée à la gelée, à la pluie, elle se délaye et pénètre dans le sol sablonneux; mais cette méthode n'offre pas un aussi bon résultat que celle qui s'exécute en faisant arriver sur la terre des eaux tenant de l'argile en suspension: dans certaines situations c'est même le seul moyen praticable de transporter l'argile économiquement, gisant souvent à une assez grande distance. C'est la méthode suivie dans diverses parties du Brésil, où l'on consolide ainsi des terrains arénacés, qu'on transforme ensuite en prairies. C'est toujours avec une prudence extrême qu'il faut se décider à changer, par l'un ou l'autre de ces moyens, la nature du sol. Le mieux est de s'efforcer d'améliorer graduellement par la culture, car toute culture raisonnée conduit infailliblement au perfectionnement des qualités de la terre. Dans le sol argileux, il convient d'introduire des amendements qui le divisent, qui détruisent sa cohérence, comme des cendres de tourbe, des fumiers longs. Mais le cultivateur n'a pas toujours à sa disposition les matériaux convenables; et dans ce cas, peut-être le plus général, il doit choisir les plantes qui conviennent le mieux à ses terres telles qu'elles sont, et le moins mal aux marchés qu'il doit approvisionner. En un mot, un cultivateur, quand il connaît les qualités et les défauts de son terrain, règle ses opérations en conséquence; car c'est d'après cette connaissance qu'il détermine la rente qu'il peut assigner au fond, et le capital qu'il

doit raisonnablement engager dans son exploitation.

Dans un sol argileux qui, comme nous l'avons vu plus haut, constitue dans nos climats les meilleures terres à blé, il ne faut pas vouloir cultiver les plantes exigeant un sol meuble; mais les pommes de terre, la betterave champêtre, etc., qui y viennent fort bien. Les terrains argileux sont généralement propres aux prairies. Les labours d'automne leur sont très-favorables à cause de l'ameublissement occasionné par l'effet du gel.

La *craie* occupe une large place dans les formations récentes; en général, elle présente des terrains peu fertiles. M. Sinclair a proposé de les améliorer en y cultivant des récoltes vertes pour les faire consommer sur place. Convenablement amendé, le sol crayeux produit en Angleterre des trèfles, des turneps et de l'orge; il convient particulièrement au sainfoin (1). Il est douteux qu'en France, où le climat est moins humide, on puisse tirer d'un terrain de craie un parti aussi avantageux. Des recherches faites dans ces derniers temps ont montré que la craie renferme une petite quantité de phosphate de chaux; c'est, comme nous le verrons dans la suite, un sel dont la présence est toujours à désirer dans les sols cultivés.

Les *terrains tourbeux* peuvent porter de riches cultures, quand on réussit à convertir la tourbe en humus. La principale difficulté réside dans leur desséchement, parce qu'ils occupent communément les

(1) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 46.

fonds des vallées ou des anciens lacs. Par une heureuse coïncidence, les dépôts tourbeux alternent fréquemment avec des couches de sable, de gravier, d'argile et de terre végétale. Par un mélange, par une répartition raisonnée de ces différents matériaux, précédés toutefois d'un desséchement bien exécuté, il devient possible de convertir une tourbière en terres arables (1). Cependant la tourbe pyriteuse est plus intraitable; rarement elle donne de bons résultats. Pour amender un sol pyriteux, il faut de toute nécessité avoir recours à l'intervention de substances de nature alcaline, comme la chaux, les cendres de bois, etc., possédant la propriété de décomposer le sulfate de fer formé par l'efflorescence des pyrites. A l'aide d'une combustion incomplète, on rend aussi les terrains tourbeux propres à la culture, et avec du travail on parvient à leur faire acquérir les qualités des sols légers, au point de pouvoir y récolter des racines et des tubercules. Les agriculteurs écossais, très-familiarisés avec ce genre de travaux, considèrent comme la méthode la plus avantageuse à suivre dans la culture améliorante des marais tourbeux, celle de les convertir en prairies naturelles. Comme il arrive le plus souvent que l'état humide et peu consistant du sol ne permet pas d'y laisser parquer le bétail, ils conseillent avec raison de ne faire qu'une coupe et de laisser sur pied l'herbe de la seconde pousse. En agissant de cette manière, on a trans-

---

(1) Sinclair, *Agriculture pratique* et raisonnée, t. I, p. 46.

formé des marais en prairies très-productives (1).

Les terrains à tourbe, bien égouttés et disposés convenablement pour la culture, présentent un grand avantage, dû à l'humidité permanente de leur fond. Dans la proximité de Haguenau, on trouve dans ces sortes de terrains de magnifiques houblonnières; la garance y vient également très-bien; et c'est, à mon avis, pour certaines cultures spéciales, un des sols les mieux appropriés de l'Alsace.

Les *sols sablonneux* sont parfaitement convenables dans les pays qui ne sont pas fréquemment exposés à de longues sécheresses. Leur culture entraîne à peu de dépenses et donne une terre bien préparée; on y fait de belles récoltes de navets, de pommes de terre, de carottes et de seigle; mais il est prudent d'en exclure le trèfle, l'avoine, le froment et le chanvre, qui se plaisent dans un sol plus consistant. Dans les contrées méridionales, il faut absolument un système d'irrigation pour cultiver les sols sablonneux; si l'arrosage manque, la terre reste à peu près stérile, et le seul moyen de la rendre productive est de la planter en forêt.

Les sables mouvants, siliceux ou calcaires, qui recouvrent des plaines immenses dans l'intérieur des continents, semblent, à la première vue, frappés d'une éternelle stérilité. Cependant, cette mobilité qui permet au sable du désert, de se mouvoir et de s'agiter comme une masse fluide, dépend moins

(1) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. 1, p. 43.

de l'absence absolue de particules argileuses que de celle de l'eau dont le concours serait nécessaire pour agglutiner, pour fixer les grains siliceux. Les steppes brûlants de l'Afrique et de l'Amérique ont çà et là leurs oasis, dont le sol légèrement humecté suffit à l'existence des végétaux.

Lorsque ces dépôts arénacés sont baignés à leur base par des eaux douces, il est possible de les rendre propres à la culture. C'est ainsi qu'en Espagne, dans les environs de San-Lucar de Baromeda, un sol poudreux, d'une aridité extrême, a été fertilisé par la main de l'homme. A la surface, les dunes mamelonnées de San-Lucar sont recouvertes par un sable quartzeux, assez ténu pour être emporté par le vent; mais par cette circonstance heureuse qui fait que la partie inférieure de ce terrain est constamment mouillée par le Guadalquivir, il suffit d'enlever le sable sec qui le recouvre, de le niveler, de le décaper en quelque sorte, pour obtenir un sol réunissant au plus haut degré deux conditions essentielles à la fertilité : car il est meuble et toujours abreuvé par des eaux vives qui le pénètrent à la faveur de la capillarité; aussi, par l'effet du climat et des engrais, les potagers établis au milieu de ce désert offrent, au rapport de M. de Lasteyrie, la végétation la plus rapide et la plus vigoureuse. Pour éviter une trop grande dépense, on n'entreprend ces travaux que là où la couche de sable qu'il faut enlever offre le moins d'épaisseur, et l'on dépose les déblais en talus, tout autour du sol livré à la culture. On forme ainsi une espèce de mur d'en-

ceinte qui n'est pas sans utilité comme abri, et qui devient productif lui-même, par les plantations de vignes et de figuiers qu'on lui fait porter, dans le but principal d'en consolider l'ensemble (1); car les plantes tendent toujours à fixer le terrain qui les supporte. C'est ainsi qu'en Alsace, dans les plaines de Haguenau, un sol sablonneux est devenu, en moins de quarante années, par l'effet d'une culture continue, une terre des plus fertiles.

C'est aussi par la végétation qu'en Hollande on a réussi à donner de la fixité aux monticules formés par l'accumulation d'un sable mobile soulevé par les vents. Ce sable, assis sur un fond assez humide, élève, à cause de sa porosité, l'eau qui humecte légèrement l'intérieur de sa masse. Ces dunes envahissent les terres cultivées : pour s'opposer à leur empiétement, les Hollandais y sèment l'*arundo arenaria* (2), dont les longues racines traçantes lient ce terrain mouvant, en l'emprisonnant dans une sorte de réseau; ces masses de sable deviennent immobiles, mais en restant néanmoins à peu près improductives.

C'était donc un problème d'une haute utilité, que celui de fixer solidement un sol mouvant amené par la mer, en le couvrant de plantations productives. Ce problème, un ingénieur français, Bremontier, se l'est proposé; et par une grande sagacité dans le choix des moyens, par beaucoup de persévérance dans

(1) De Lasteyrie, *Bulletin de la Société Philom.*, t. III, p. 176.
(2) De Candole, *Physiologie*, p. 1235.

l'exécution, il a été complétement résolu dans les dunes du golfe de Gascogne (1).

Les dunes formées des sables rejetés par l'Océan occupent, entre les embouchures de l'Adour et de la Gironde, une surface de 1,139 myriamètres carrés (75 lieues), sur une élévation moyenne de 20 mètres. Elles sont disposées en une multitude de mamelons qui semblent liés par leurs bases. La cime de plusieurs de ces monticules atteint une hauteur de 50 mètres. Obéissant à l'impulsion des vents d'ouest, ces amas de sable se portent peu à peu vers l'est. Déjà une partie de la petite ville de Mimizan est envahie, et l'on a été jusqu'à supputer qu'en vingt siècles le riche territoire de Bordeaux aurait complétement disparu. Cette supputation était basée sur des appréciations inexactes, car d'après M. Élie de Beaumont, les dunes n'avanceraient tout au plus que d'un mètre par an, et Bordeaux est encore à 60,000 mètres du point où elles sont arrivées. Dans leur marche progressive, les dunes en encombrant le lit des rivières produisent l'inondation.

Les sables marins du golfe de Gascogne, comme ceux de la Hollande et des Pays-Bas, ne sont pas entièrement privés d'eau; à une très-petite profondeur, ils sont humides et présentent même une certaine cohésion; il faut bien qu'il en soit ainsi: autrement le vent qui les apporte mouillés par la mer, les dessécherait bientôt pour les disperser ensuite en tour-

(1) *Annales de l'Agriculture française*, t. XXVII, p. 145.

billons de poussière. Cette dispersion n'a point lieu. Les dunes s'avancent lentement, en roulant, pour ainsi dire, sur elles-mêmes.

Le sable quartzeux, poussé par le vent, monte sur le flanc des coteaux comme sur un plan incliné ; après avoir franchi la cime des monticules déjà formés, il tombe sur la pente opposée où il s'accumule en talus. L'action du vent ne s'exerce que sur le sable rendu mobile par la sécheresse ; la surface humide mise à nu se dessèche et est enlevée à son tour ; ainsi successivement, toute la masse de sable qui a été déposée d'abord à l'ouest de la dune est portée à l'est, où elle trouve alors un abri. C'est ainsi qu'on a vu, par un vent qui souffla sans interruption pendant six jours, un monticule s'avancer d'un mètre dans l'intérieur des terres, mais c'était là une circonstance exceptionnelle (1).

L'humidité provient des pluies, des eaux courantes qui pénètrent le sable en s'y infiltrant, en déplaçant l'eau salée dont il était primitivement imprégné. J'ai vu près de Harlem, sur le bord de la mer, des puits d'eau douce creusés dans les dunes : la faible dose de sel qui reste encore dans le terrain n'est plus défavorable à la végétation.

Une fois convaincu que les végétaux pouvaient exister dans les dunes, Bremontier comprit qu'eux seuls étaient capables d'en arrêter la marche, de les consolider. Il s'agissait alors de faire naître des plantes

---

(1) Daubuisson, *Traité de Géognosie*, t. II, p. 467.

et de protéger leur croissance dans ce sable mobile, en les mettant à l'abri des vents impétueux de la mer, jusqu'à ce que les racines eussent pris possession du sol.

Les dunes ne bornent pas l'Océan comme les falaises. De la base des premiers monticules à la ligne qui marque la limite des plus hautes marées, on trouve un terrain plat sur lequel le sable roule sans s'arrêter. C'est sur cette plage que Bremontier établit un premier semis de graines de pins et de genêts; pour abri, il le recouvrit en totalité de branchages verts, fixés solidement par des crochets enfoncés dans le terrain. Les branches protectrices étaient placées dans une direction telle, que leurs extrémités ligneuses regardaient le rivage, afin que le vent dominant eût moins de prise sur les feuilles. L'expérience a démontré, qu'à l'aide de ces ingénieuses dispositions, les graines germent et que les plants se développent avec une prodigieuse rapidité; bientôt elles forment un fourré épais, d'un mètre de hauteur. Alors la réussite est certaine. Cette plantation avancée arrête les sables; elle est destinée à protéger celles qui doivent la suivre et s'étendre vers l'intérieur des terres. Lorsque les arbres ont atteint l'âge de cinq à six ans, on fait une nouvelle plantation contiguë à la première, sur une largeur de 60 à 100 mètres, et en continuant ainsi, on s'élève graduellement jusqu'au sommet des dunes.

Tel a été depuis 1787 le travail exécuté par l'habile ingénieur, pour couvrir d'arbres utiles les sables in-

cultes du bassin d'Arrachon. En 1809 les semis s'étendaient sur 3,700 hectares (1). Le succès de ces plantations a dépassé toutes les espérances qu'on avait conçues. En 16 années, des pins avaient déjà atteint une élévation de 10 à 12 mètres. La croissance du genêt épineux, du chêne, du liége, du saule, n'a pas été moins rapide. C'est ainsi qu'on a prouvé que l'on peut à la fois fixer les sables et les rendre productifs. Comme presque tous les inventeurs, Bremontier fut en butte à la jalousie de ses contemporains. On douta d'abord de la possibilité de consolider le sable mouvant des dunes, et l'on finit par lui contester le mérite de l'invention. Le savant ingénieur se défendit avec modération, et provoqua une enquête (2). Rien de comparable n'avait été entrepris avant 1787, et les travaux de Bremontier doivent être considérés comme une de ces luttes remarquables que l'industrie de l'homme soutient avec succès contre les éléments.

Les dunes garantissent les terres basses de l'invasion de la mer, lors des hautes marées. Sans cette ceinture de collines de sable, une partie de la Hollande ne serait pas habitable. Le sol de cette contrée appartient à cette immense plaine qui s'étend sans interruption jusqu'en Prusse. Les dunes, les amas de

---

(1) Sylvestre, *Notice sur Bremontier*, *Annales de l'Agriculture française*, t. XLIV, p. 239.

(2) Les commissaires nommés par la Société d'agriculture pour examiner les mémoires de Bremontier, étaient MM. Gillet-Laumont, Tessier et Chassiron.

galets, les *barres* des grands fleuves, forment ce qu'un géologue illustre, mon ami M. Élie de Beaumont, appelle l'*appareil littoral;* ce sont les véritables limites de la mer. Derrière cet *appareil* se réalisent des faits géologiques d'une haute importance agricole, par l'accumulation, l'accroissement successif et souvent très-rapide de dépôts terreux très-favorables à la végétation. Le limon charrié par les fleuves est déposé dans les lagunes, dans les marais placés en arrière des dunes, aussitôt que les eaux ralentissent leur cours. Néanmoins, l'exhaussement du fond de ces marais et de ces lagunes n'est pas tel, que les eaux de la mer ne puissent les envahir dans les marées moyennes; aussi établit-on des digues pour les préserver, mais les digues, en parant à un inconvénient, en feraient naître un autre, en retenant les eaux pluviales qui finiraient par submerger le sol. C'est pour prévenir cet inconvénient qu'on ménage des portes d'écluses s'ouvrant à la marée basse afin de laisser écouler les eaux douces, et se fermant à la marée haute pour s'opposer à l'entrée des eaux salées. Le même système d'endiguement s'applique aux polders, dépôts limoneux d'une grande fertilité, mais tellement bas que le sol se trouve quelquefois de 4 à 5 mètres au-dessous du niveau des marées moyennes. Aussi l'écoulement naturel des eaux, lors des marées basses, devient souvent impossible ; et, pour cultiver les *polders*, on est obligé d'épuiser continuellement à l'aide de moulins à vent. C'est par ses digues, dont l'établissement remonte au VII[e] siècle, que la Hollande a été con-

quise sur les eaux. Cette conquête n'est pas achevée, et aujourd'hui même on exécute encore d'immenses desséchements. Ainsi, en mettant à sec le lac de Harlem, on doit livrer à la culture 18,000 hectares d'un sol doué du plus haut degré de fertilité.

M. Élie de Beaumont a présenté sur la terre végétale considérée au point de vue géologique, des remarques pleines d'intérêt, qui établissent que relativement à la très-courte durée de l'existence de l'homme, elle est très-anciennement déposée à la surface du globe.

Dénudée, privée de végétation, la terre végétale tend sans cesse à se déplacer, à s'étendre uniformément. Desséchée, à l'état de poussière, elle est assez ténue pour être transportée par le vent à de grandes distances. Nous avons vu que la terre dénudée est entraînée par les pluies, charriée par les fleuves. L'air et l'eau sont donc les véhicules qui tendent constamment à la déplacer; et il est établi que la poussière du sol, ou des roches désagrégées, devient dans quelques circonstances un phénomène considérable, puisqu'elle forme par son accumulation les déserts de sable, ou plutôt de poussière. En Égypte, comme dans les pampas de l'Amérique méridionale, ce sable si ténu, cette poussière s'agite, se meut à la manière des flots, et forme des vagues qui ensevelissent des caravanes, des villages entiers. Dans ces tourmentes du désert, la température de l'air est singulièrement augmentée par les particules terreuses fortement échauffées qu'il tient en suspension. J'ai parlé des

dunes envahissant les terres; le sable sec des continents produit les mêmes effets, mais plus rapidement. Ainsi, en Égypte, la poussière que le vent déplace de la Libye a recouvert, sur une surface très-étendue, des terrains qui étaient encore cultivés sous la domination des Turcs. Le vent soufflant d'Afrique saupoudre quelquefois des navires à 1,000 kilomètres des côtes.

Cette mobilité, ce déplacement continuel de la terre végétale, de la poussière du globe, n'a lieu qu'autant que cette terre est dénudée, exposée directement aux agents atmosphériques. Il n'en est plus ainsi quand elle est recouverte de gazon : la terre est alors solidement fixée, et il est facile de démontrer qu'elle y forme une couche extrêmement ancienne, dont l'épaisseur n'a pas varié depuis les temps historiques les plus reculés. M. Élie de Beaumont rappelle, à l'appui de cette opinion, ces monuments druidiques, les *pierres levées* (*men-hir* et *dol-men*), formés de blocs de rochers allongés et implantés verticalement dans le sol. L'érection de ces monuments est antérieure à l'invasion des Gaules par César; cependant la base est encore enfoncée dans la terre végétale tout juste ce qu'il faut pour que le *men-hir* se tienne debout. Dans les *dol-men* composés de pierres disposées en forme de porte, la pièce horizontale inférieure, le seuil, est encore de niveau avec la surface du gazon. Si la terre végétale eût augmenté d'épaisseur, le seuil serait évidemment enterré, et, dans le cas contraire, il y aurait eu un déchaussement; rien de cela n'a eu

lieu. Une autre preuve non moins évidente de la fixité, de la solidité de la terre végétale garnie de plantes vivaces est prise dans les travaux agricoles. On connaît, en Espagne, des champs abandonnés depuis un grand nombre de siècles, qui sont recouverts de gazon; les sillons tracés par la charrue sont encore dans un parfait état de conservation.

La conséquence qu'il est permis de tirer de ces faits, c'est que l'*engazonnement* suffit amplement pour retenir la terre végétale sur les pentes les plus abruptes, et qu'il n'est pas indispensable, pour la fixer, d'avoir recours au reboisement.

CHAPITRE VIII.

DES ENGRAIS PROVENANT DES MATIÈRES ORGANISÉES.

Quelles que soient sa constitution et ses propriétés physiques, la terre ne donne des récoltes lucratives qu'autant qu'elle renferme une quantité suffisante de matières organiques, sous un état plus ou moins avancé de décomposition. Il est des sols favorisés dans lesquels cette matière, désignée sous les noms d'humus ou de terreau, existe naturellement; d'autres, et c'est le plus grand nombre, en sont totalement privés, ou n'en contiennent qu'une proportion insignifiante. Ces sols exigent, pour devenir fertiles, l'intervention des engrais; rien ne saurait y suppléer, ni le travail qui les ameublit, ni le climat qui aide si puissamment leur fécondité, ni les sels ou les alcalis, auxiliaires si utiles de la végétation.

Ce n'est pas qu'une terre entièrement dénuée de débris organiques ne puisse permettre à une plante de naître et de se développer. Nous avons vu précédemment que l'atmosphère, la lumière, la chaleur et l'humidité suffisent à son existence; mais, dans une semblable condition, la végétation est lente, souvent

imparfaite, et l'industrie agricole ne saurait s'exercer sur un sol qui approcherait de ce degré de stérilité absolue.

Les végétaux, considérés dans l'ensemble de leur constitution, contiennent du carbone, de l'eau toute formée ou ses éléments, de l'azote, du phosphore, du soufre, des oxydes métalliques unis aux acides phosphorique et sulfurique, des chlorures, des bases alcalines combinées à des acides végétaux. Plusieurs de ces éléments ne font pas partie de l'atmosphère, et dérivent nécessairement du sol. Les engrais les plus communément employés ne sont d'ailleurs autre chose que les détritus des plantes, les dépouilles ou les excrétions des animaux, renfermant, par le fait même de leur origine, la totalité des principes qui constituent les êtres organisés ; et bien qu'il soit très-probable que certaines familles végétales sont plus aptes que d'autres à s'approprier l'azote ou les vapeurs ammoniacales de l'atmosphère, l'expérience prouve, que les débris organiques azotés concourent de la manière la plus efficace à la fertilité du sol. Nous sommes loin aussi de pouvoir affirmer, que le carbone des plantes provient exclusivement de l'acide carbonique atmosphérique. Cet acide, sans aucun doute, en est la principale source, mais il est possible que certains éléments carburés des fumiers soient assimilés directement.

Les auteurs qui ont traité des engrais en ont généralement formé deux grandes classes : 1° les fumiers d'origine organique, dans lesquels on retrouve



tous les éléments de la matière vivante ; 2° les amendements minéraux, salins ou alcalins, qu'on a particulièrement désignés sous le nom de stimulants, en leur accordant la faculté purement gratuite, de faciliter l'assimilation de la nourriture que les plantes rencontrent dans les fumiers, en stimulant, en excitant leurs organes. Une telle distinction n'est réellement pas fondée, et rien ne montre autant combien nos connaissances sur ce sujet étaient alors peu avancées, que cette tendance qu'ont eue les meilleurs esprits, à rapprocher continuellement la nutrition végétale de l'alimentation des animaux.

Nous nommerons *engrais*, tous les agents dont dispose le cultivateur pour réparer, conserver, augmenter la fécondité du sol. Pour nous, le plâtre, la marne, les cendres, sont des engrais comme le fumier de cheval, le sang, l'urine : tous concourent au but qu'on se propose en les employant, et qui est d'accroître la production végétale. Le meilleur engrais, celui dont l'usage est le plus général, est précisément celui qui, par sa nature complexe, réunit tous les principes fécondants exigés par les cultures ordinaires. Les cultures spéciales peuvent demander des engrais spéciaux ; mais l'engrais normal, comme le fumier de ferme, par exemple, quand il dérive d'une bonne alimentation administrée à des animaux pourvus d'une litière convenable et abondante, offre la totalité des principes nécessaires au développement des végétaux. Un semblable fumier contient à la fois les éléments habituels de l'organisme des plantes, et

les substances minérales réparties dans leurs tissus. On y rencontre en effet le carbone, l'azote, l'hydrogène et l'oxygène, réunis aux phosphates, aux sulfates, aux chlorures, etc. Tout engrais, pour être immédiatement efficace, doit présenter cette composition mixte. Les cendres, le plâtre, la chaux, répandus sur un terrain stérile, ne l'amélioreraient pas d'une manière sensible. Des matières organiques azotées qui seraient absolument privées de substances salines et terreuses, ne produiraient probablement pas un meilleur effet; c'est l'association de ces deux ordres de principes, dont les premiers dérivent en définitive de l'atmosphère, et dont les seconds appartiennent à la partie solide du globe, qui constitue l'engrais normal, nécessaire à l'amélioration des cultures.

La matière organique morte, exposée aux influences réunies de la chaleur, de l'humidité et du contact de l'air, éprouve des modifications profondes, et passe, par une suite de transformations, à un état de composition de plus en plus simple. Les tissus, tant qu'ils font partie des êtres animés, se trouvent protégés contre l'action destructive des agents atmosphériques. Cette protection ne s'étend pas au delà de l'existence des plantes et des animaux. La destruction commence avec la mort, si les circonstances accessoires sont suffisamment intenses; alors se réalisent tous les phénomènes de la putréfaction, de la fermentation putride qui engendre, aux dépens des éléments primitifs des êtres organisés, des corps moins

compliqués dans leur constitution, plus stables, et se présentant sous la forme qu'affectent généralement les corps inorganisés de la nature, l'état gazeux et l'état cristallin. Les substances minérales qui se trouvaient engagées dans l'organisme redeviennent libres, et sont ainsi restituées à la terre.

Les matières organisées les plus promptes à s'altérer, sont précisément celles dans lesquelles l'azote entre comme principe constituant. Abandonnées à elles-mêmes, en dissolution ou simplement humectées, ces matières donnent tous les signes caractéristiques de la putréfaction. Il s'en exhale une odeur des plus insupportables, et le résultat de leur décomposition poussée à l'extrême est, en définitive, une production de sels à base d'ammoniaque. L'eau, au milieu de laquelle le phénomène s'accomplit, ne le favorise pas seulement en atténuant la cohésion, en permettant aux molécules de se mouvoir plus librement ; elle intervient encore par l'affinité même de chacun de ses principes, pour les éléments de la substance qui subit la fermentation putride. Proust a vu que, pendant l'altération du gluten plongé dans l'eau, il se dégage un mélange de gaz acide carbonique et de gaz hydrogène pur, phénomène qu'il explique par la décomposition du liquide ; en même temps il se produit des sels ammoniacaux, parmi lesquels se trouvent de l'acétate et du lactate, dont les acides ont pris naissance au sein même de la fermentation.

Comme un exemple frappant de l'intervention de l'eau, dans le passage de l'azote à l'état d'ammo-

niaque dans un composé quaternaire, on peut choisir la putréfaction de l'urée.

L'urée se rencontre dans l'urine de l'homme et des quadrupèdes; sa composition, suivant M. Dumas, est :

Carbone.......	20,0
Hydrogène	6,6
Oxygène	26,7
Azote.........	46,7
	100,0

Les matières animales dissoutes dans l'urine, comme le mucus de la vessie, éprouvent au contact de l'air une modification qui les fait se comporter comme ferment à l'égard de l'urée. Par leur influence, les éléments de l'eau réagissent sur cette matière et la transforment en carbonate d'ammoniaque.

Le carbonate d'ammoniaque est composé de :

Acide carbonique 56,41 contenant	Carbone......	15,39
	Oxygène.	41,02
Ammoniaque.... 43,59 contenant	Hydrogène ...	7,69
	Azote........	35,90

100 d'urée produisent par la fermentation 130 de carbonate d'ammoniaque.

	Carbone.	Hydrog.	Oxygène.	Azote.
Avant la fermentation, 100 d'urée contenaient..	20,00	6,60	26,7	46,7
Après la ferm., 130 de carb. d'amm. contiennent	20,00	10,00	53,3	46,7
Différences....	C. 0,0.	+H3, 4.	+O26,6	A. 0,0

Ainsi, pendant sa transformation, l'urée a gagné 3,4 d'hydrogène et 24,6 d'oxygène.

Dans l'eau, l'hydrogène est à l'oxygène :: 1 : 8.

Or, c'est précisément dans ce même rapport que se trouvent l'hydrogène et l'oxygène acquis par l'urée, en passant à l'état de carbonate d'ammoniaque; d'où il résulte que ce sont bien réellement les éléments de l'eau qui ont été fixés.

La putréfaction des substances azotées est loin de présenter toujours des résultats aussi nets; le plus souvent, en se putréfiant, elles passent par une série d'altérations encore très-obscures, avant de parvenir à la dernière limite, la production des sels ammoniacaux.

Un des caractères les plus saillants, les plus facilement perceptibles, est l'odeur fétide exhalée par les substances animales en voie de décomposition. L'odeur ammoniacale ne domine pas toujours, celle de l'acide hydrosulfurique est souvent très-prononcée; mais ce n'est pas encore là l'émanation la plus repoussante : il se développe aussi des principes nauséabonds, des miasmes d'une fétidité extrême, qui semblent être la matière altérée elle-même, entraînée par les gaz.

Le soufre, comme le phosphore, fait presque toujours partie des corps organisés; toutefois, sa faible proportion serait insuffisante pour répandre l'odeur hépatique si intense que l'on observe fréquemment durant la putréfaction. Cette production d'acide hydrosulfurique tient à ce que les sulfates dissous dans un milieu où se trouvent des matières azotées en décomposition, éprouvent eux-mêmes une véritable réduction, passent à l'état de sulfures, et dégagent

ensuite de l'acide hydrosulfurique par l'action de l'acide carbonique de l'atmosphère, ou par celui qui se forme pendant la putréfaction de la matière organique ; c'est par une action semblable, exercée sur le sulfate de chaux, que M. Henri a expliqué l'origine sulfureuse des eaux d'Enghien, près Paris ; et M. Fontan, dans un intéressant travail sur les eaux minérales, a généralisé cette explication (1).

La cause de la destruction des sulfates placés dans de telles circonstances se comprend aisément. Durant la décomposition des matières organisées, le carbone qui leur appartient forme du gaz acide carbonique, à la fois avec l'oxygène des matières elles-mêmes et avec l'oxygène de l'eau ; il est probable que l'oxygène de l'acide sulfurique concourt également à cette formation, et que le soufre devient libre. L'hydrogène de l'eau décomposée, comme celui de la matière, se trouvant avec le soufre à l'état naissant, s'unissent pour former de l'acide hydrosulfurique, qui réagit aussitôt sur la base du sulfate, en produisant, comme on sait, de l'eau et un sulfure métallique. Ce sulfure, ne pouvant exister en présence du dégagement continu de gaz acide carbonique opéré au sein de la masse en putréfaction, donne pour résultat définitif, un carbonate d'une part, et de l'autre de l'acide hydrosulfurique.

La faculté que possèdent les corps organisés azotés de se décomposer spontanément en présence de l'eau

(1) Fontan, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXXIV, p. 225, 2e série.

et sous l'influence de la chaleur, paraît dépendre de la tendance qu'a l'azote à s'unir à l'hydrogène pour former de l'ammoniaque. Cette tendance est peut-être la cause déterminante du phénomène de la fermentation, pris dans l'acception la plus générale. Les corps organiques exempts d'azote se décomposent moins facilement, et le genre d'altération qu'ils éprouvent de la part de l'eau et de l'air diffère, à beaucoup d'égards, de la putréfaction des matières azotées. La difficulté que l'on rencontre, lorsqu'il s'agit de faire fermenter des substances végétales, en est une preuve. Cependant les débris végétaux, portés au fumier, renferment tous, sans exception, des principes azotés, souvent, il est vrai, en proportion fort minime ; mais nous savons qu'il n'y a pas d'exemple d'un tissu organique végétal qui en soit complétement privé. Les débris de plantes les plus riches en azote éprouvent certainement le plus promptement et le plus complétement la fermentation putride ; tels sont les choux, les feuilles de betteraves, etc. Les pailles, au contraire, lorsqu'elles sont seules, la subissent lentement et d'une manière imparfaite : le peu de principe azoté qu'elles renferment, s'altère et réagit sur le ligneux environnant ; mais l'effet s'arrête bientôt et cesse même entièrement si l'on ne fait intervenir des substances riches en azote. Le ligneux des pailles se trouve exactement dans la condition du sucre qui n'a pas reçu la dose de ferment nécessaire pour sa transformation totale en alcool.

La plupart des substances organisées, qu'elles ap-

partiennent à l'un ou à l'autre règne, quand elles sont placées dans certaines conditions, éprouvent de la part de l'oxygène des altérations profondes. Nous devons étudier ces altérations avec d'autant plus de soin que, dans la pratique agricole, on a successivement intérêt à favoriser ou à prévenir les causes qui les font naître, selon qu'il s'agit d'activer la décomposition des débris végétaux pour en faire des engrais, ou de s'entourer de toutes les précautions que la prudence suggère, pour conserver intact le produit des récoltes.

Les substances organisées, humectées et exposées à l'air, sous l'influence d'une température dont je crois, d'après quelques essais, pouvoir fixer le minimum à 9° ou 10°, s'emparent de l'oxygène, l'absorbent en partie, pour former de l'eau avec leur hydrogène, et de l'acide carbonique aux dépens de leur carbone. Lorsque ces matières sont accumulées en assez grande masse, la chaleur produite se dissipant moins rapidement, la température s'élève et favorise la réaction, au point souvent de faire succéder une combustion ardente, un incendie, à la combustion lente qui s'était manifestée d'abord. Ainsi, il n'est pas sans exemple de voir prendre feu au foin rentré trop humide dans le fenil ; et la température toujours élevée des chiffons humides mis dans le *pourrissoir* des papeteries, la production abondante d'acide carbonique qui a lieu dans cette circonstance, montrent que c'est avec raison que l'on assimile ce genre d'action au phénomène de la combustion.

Cette combustion lente n'est pas particulière aux substances organiques azotées, celles qui sont privées d'azote la subissent également. Cette altération de la matière organique, cette combustion opérée à une basse température par l'action de l'air, diffère, dans ses résultats, de la décomposition effectuée au milieu d'une masse liquide; nous avons vu, par exemple, que le gluten, en fermentant sous l'eau, laisse dégager du gaz hydrogène. Or, Bertholet a établi qu'un corps azoté en putréfaction, dont toutes les parties sont en contact avec l'air, n'ajoute jamais de gaz hydrogène ni de gaz azote à l'atmosphère confinée dans laquelle il est placé (1). D'un autre côté, Saussure a montré que les substances organiques qui n'émettent pas de gaz hydrogène pendant leur décomposition spontanée, s'opérant dans un milieu exempt d'oxygène, ne changent point le volume de l'atmosphère dont ce gaz fait partie; ces mêmes substances condensent au contraire de l'oxygène, lorsqu'elles sont arrivées à cette phase de leur altération où elles exhalent de l'hydrogène. En poursuivant, avec une persévérante sagacité, l'étude de la putréfaction, de Saussure a découvert la cause de cette condensation. Elle dépend de ce qu'une matière organique en voie de décomposition spontanée se comporte à quelques égards comme l'éponge de platine placée dans un mélange gazeux d'oxygène et d'hydrogène. On sait que le platine, récemment chauffé et introduit

(1) Saussure, *Recherches chimiques*, p. 156.

dans un mélange de ces deux gaz, détermine leur union dans les proportions voulues pour constituer de l'eau. Or, en substituant au métal des graines humides, préalablement privées de leur faculté germinative, le même effet est produit, les gaz se combinent, jusqu'à ce que l'un des deux ait complétement disparu. Quand cette combustion de l'hydrogène, provenant de la décomposition des substances organiques, a lieu au sein de l'air atmosphérique qui contient de l'azote, il est possible qu'il y ait production d'une faible quantité d'ammoniaque, en même temps qu'il se produit de l'eau. Et ce n'est sans doute pas aller trop loin, en supposant que des engrais très-peu azotés prélèvent, en fermentant, de l'azote sur l'air atmosphérique; que pendant l'acte même de la végétation, l'hydrogène provenant de l'eau décomposée, ou bien encore celui qui fait partie des huiles essentielles formées par les plantes, peut, en s'oxydant de nouveau, introduire l'azote atmosphérique dans leur constitution.

Les matières organisées mortes, comme le bois, la paille, les feuilles, exposées humides et pendant longtemps à l'action de l'air, finissent par se transformer en une substance brune, presque noire quand elle est mouillée, friable quand elle est sèche, et que l'on désigne communément par le nom de terreau. C'est pour ainsi dire le dernier terme de la décomposition des matières organiques; déjà le terreau semble appartenir au règne minéral, et, quelle que soit la diversité de son origine, il présente assez de caractères

propres pour le considérer comme une substance particulière. A la vérité, l'atmosphère continue à exercer son action sur le terreau ; ses éléments combustibles se dissipent en brûlant d'une manière lente, imperceptible, en donnant lieu à de l'eau et à de l'acide carbonique. Mais dans cette décomposition ultérieure, on ne remarque plus les produits fétides de la fermentation putride.

De la sciure de bois humectée, placée pendant quelques semaines dans une atmosphère d'oxygène, forme une certaine quantité d'acide carbonique, et le volume du gaz ne diminue pas sensiblement ; à sa surface le bois acquiert une couleur d'un brun foncé. Plusieurs expériences entreprises par de Saussure, prouvent que le bois mort ne fixe point le gaz oxygène de l'atmosphère ; il le transforme en acide carbonique, et l'action se passe comme si le carbone de la matière organique éprouvait seul l'effet de l'oxygène : car le volume gazeux reste le même. Cependant la perte éprouvée par le ligneux durant son séjour dans l'air, est plus forte qu'elle ne devrait l'être, si du carbone seul était éliminé ; d'où Saussure conclut qu'en même temps que le ligneux abandonne du carbone, il laisse échapper de l'eau de constitution (1).

Comme conséquence de ces observations, la proportion relative de carbone doit augmenter dans le bois humide altéré par l'action de l'atmosphère, puisque par cette action on a constaté que le ligneux

(1) Saussure, *Recherches chimiques*, p. 147.

perd plus en éléments de l'eau qu'il ne perd en carbone. C'est ce que confirment les analyses suivantes :

	Bois de chêne.	Id. pourri.	Id. pourri.
Carbone.................	52,5	53,6	56,2
Hydrogène et oxygène, eau.	47,5	46,4	43,8
	100,0	100,0	100,0

Le bois, en se décomposant sous l'eau, sans être en contact direct avec l'air, subit une modification différente ; il blanchit au lieu de noircir, et le carbone, loin d'augmenter, diminue. Saussure croit que ce genre d'altération tient principalement à la perte des principes solubles et colorants du bois, principes qui renferment plus de carbone que le ligneux lui-même (1) ; de sorte que le ligneux pur, exposé humide à l'action de l'air, donnerait un produit analogue à celui résultant de sa décomposition sous l'eau. La vérité est que les chiffons de lin humecté, que l'on fait pourrir daus les fabriques de papier, donnent un produit blanc et très-peu cohérent. La masse s'échauffe beaucoup et perd environ 20 pour 100 de son poids initial. C'est précisément ce qui arrive au bois altéré par l'action alternative de l'eau et de l'air ; il devient blanc et très-friable. Du bois de chêne parvenu à cet état de décomposition contenait (2) :

(1) Saussure, *Recherches chimiques*, p. 149.

(2) Liebig, *Chimie organique*, introduction, p. 59.

Carbone.......	47,6
Hydrogène.....	6,2
Oxygène......	44,9
Cendres.......	1,3
	100,0

Comparés à la composition du bois de chêne inaltéré, ces nombres font voir que, pendant sa modification, le bois a perdu du carbone, et que, d'un autre côté, il a gagné de l'hydrogène; les éléments de l'eau ont dû nécessairement intervenir et se fixer pendant la réaction.

Le ligneux, en pourrissant sous l'eau, n'est pas par cela même complétement à l'abri de l'atmosphère; l'eau tient toujours de l'air en dissolution, et l'oxygène de cet air réagit certainement comme s'il se trouvait à l'état gazeux.

La chaleur exerce sur tous les phénomènes de décomposition qui se rattachent à la fermentation, à la putréfaction ou à la combustion lente, une influence qu'on n'a certainement pas suffisamment appréciée. Des corps organiques, plongés dans une grande masse d'eau, ne sont pas exposés à des changements de température aussi variés, aussi brusques, que lorsqu'ils sont placés dans l'atmosphère; leur décomposition est plus lente, plus uniforme; les produits solubles qu'ils renferment, ou qui sont le résultat de leur altération, sont en grande partie dissous. La température peut amener ainsi de grandes différences dans le résultat final de la décomposition. La tourbe, provenant, comme on sait, de la destruction lente

des plantes submergées, ne semble plus se former dans les lacs des climats chauds; on ne l'a peut-être jamais rencontrée dans les eaux stagnantes des régions équinoxiales; là, le ligneux paraît totalement se dissiper en gaz acide carbonique, et en gaz des marais, source probable de l'insalubrité de ces contrées. On n'observe des lacs à fond tourbeux que sur les plateaux très-élevés des Andes, dans des localités où la température moyenne n'excède pas 8 à 12° c.

Les alcalis, même à petite dose, contribuent puissamment soit à déterminer, soit à accélérer la décomposition de certaines matières organiques; il est plusieurs de ces matières qui n'éprouveraient aucun changement sans leur intervention, quelles que soient d'ailleurs les conditions favorables à la décomposition.

L'emploi des alcalis, comme moyen d'accélérer la destruction des matières organisées, est connu depuis longtemps des agriculteurs. C'est ainsi qu'ils stratifient les fougères, les pailles, les fanes ligneuses avec de la chaux vive pour en faciliter la désagrégation, et par suite la décomposition.

Un caractère propre à toutes les matières végétales en décomposition, et d'autant plus prononcé que le phénomène avance vers sa dernière phase, la production du terreau, c'est l'apparition d'une substance brune, peu soluble dans l'eau, mais se dissolvant aisément dans les alcalis. Cette substance, c'est l'ulmine, que ses propriétés acides ont fait nommer acide ulmique. Elle fait partie du terreau, et Polydore

Boullay l'a constamment retrouvée dans les eaux de fumiers.

Vauquelin découvrit l'ulmine unie à la potasse en 1797, dans les produits de l'exsudation de l'ulcère d'un orme (1). En 1804 (2), Klaproth confirma cette observation. Plus tard, M. Braconnot parvint à préparer artificiellement l'ulmine en traitant le ligneux par un alcali (3). On se procure facilement cette substance, en chauffant dans une bassine d'argent, avec ménagement et en agitant continuellement, un mélange de parties égales de potasse et de sciure de bois légèrement humectée. Il arrive une époque où le ligneux se ramollit et semble se dissoudre subitement; la matière commence alors à se boursoufler; on cesse le feu. Le produit obtenu se dissout dans l'eau presque en totalité. La solution, d'un brun extrêmement foncé, contient comme produit principal de l'ulmine combinée à la potasse, que l'on précipite par l'addition d'une quantité suffisante d'acide sulfurique faible. Après avoir été lavée et desséchée, l'ulmine est noire, fragile, et ressemble au jaïet; encore humide, elle rougit le papier de tournesol; sa dissolution dans la potasse forme avec plusieurs sels, et par voie de double décomposition, des ulmates insolubles. M. Péligot donne à l'ulmine la composition suivante (4) :

(1) Vauquelin, *Annales de Chimie*, t. XXI, p. 39.
(2) Klaproth, *Gehlen. Journ.*, t. IV, p. 329.
(3) Braconnot, *Annales de Chimie et de Phys.*, t. XLIII, p. 273.
(4) Péligot, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXXIII, p. 214, 2e série.

Carbone........	72,3
Hydrogène.....	6,2
Oxygène.......	21,5
	100,0

Les fumiers, le bois pourri, le terreau renferment toujours une substance brune dont les propriétés sont à très-peu près semblables à celles de l'ulmine obtenue par l'action des alcalis sur le ligneux.

Cependant il ne semble pas y avoir identité de composition, l'humus extrait du terreau renferme toujours de l'azote, M. Soubeiran l'a trouvé formé de :

Carbone...........	55,3
Hydrogène.........	4,8
Azote.............	2,5
Oxygène...........	37,4
	100,0

Le terreau qui contient cette ulmine en abondance et sous l'état le plus convenable pour favoriser la végétation, doit par cela même être étudié avec attention. Son histoire a d'ailleurs été si habilement tracée par M. de Saussure, que la science actuelle ne pourrait ajouter que peu de chose aux déductions importantes que le célèbre auteur des *Recherches chimiques* a fait ressortir de ses observations.

De Saussure définit le terreau végétal : la substance noire qui recouvre les plantes mortes, après qu'elles ont été exposées pendant longtemps à l'action combinée de l'eau et de l'oxygène (1). Ses expériences

(1) Saussure, *Recherches chimiques*, p. 162.

ont porté sur des terreaux presque purs, c'est-à-dire séparés à l'aide d'un tamis serré des débris végétaux qui y sont toujours mêlés; on les avait recueillis soit sur des rochers élevés, soit dans des troncs d'arbres, où ils n'avaient pu être souillés par des causes étrangères à celle de la décomposition spontanée qui les avait produits. Tous ont paru fertiles, surtout lorsqu'ils étaient préalablement mélangés avec du gravier, point d'appui pour les racines en même temps qu'il permet l'accès de l'air. Il faut cependant en excepter le terreau formé dans l'intérieur des arbres et dans une situation telle, que l'eau des pluies ne trouvait pas d'écoulement; alors les principes extractifs provenant en partie de la plante vivante obstruent les pores du végétal auquel on applique ce terreau comme engrais.

En calcinant comparativement, en vases clos, divers terreaux et des plantes semblables à celles qui les avaient formés, et en recueillant d'une part le charbon, de l'autre les matières volatiles et gazeuses, de Saussure a reconnu qu'ils contiennent, sous le même poids, plus de carbone et d'azote que les végétaux d'où ils dérivent. La plus forte proportion d'azote dans la plante décomposée semble indiquer que, pendant leur altération, les végétaux ne laissent pas dégager cet élément; mais il faut ajouter à cette cause celle qui a son origine dans les dépouilles qu'abandonnent les insectes logés dans l'humus.

L'action des acides faibles sur le terreau se borne à dissoudre les parties métalliques terreuses et alca-

lines. L'alcool agit à peine sur lui, en dissolvant quelques centièmes de matière résineuse. La soude et la potasse le dissolvent presque complétement, en émettant des vapeurs ammoniacales; c'est que l'acide ulmique du terreau est combiné à l'ammoniaque. Les acides précipitent de cette dissolution une poudre brune, combustible, possédant les caractères de l'ulmine. L'ulmine, séparée par cette voie, est loin de répondre au poids de la matière traitée par les alcalis. C'est qu'indépendamment de cette substance, le terreau renferme des substances qui ne sont pas précipitées de la dissolution alcaline.

Un terreau assez riche pour ne donner qu'environ $^1/_{10}$ de cendres, n'a perdu que $^1/_{11}$ de son poids par des traitements réitérés à l'eau bouillante. Épuisé par des lavages à l'eau, puis exposé à l'action humide de l'air, pendant l'espace de trois mois, il a donné, par de nouveaux lavages, de la matière soluble; cet effet s'est constamment reproduit. Ainsi, par l'exposition à l'air du terreau insoluble humide, il se forme une matière extractive soluble. Cette matière extractive n'est point déliquescente; elle donne de l'ammoniaque à la distillation. La solution aqueuse, rapprochée à la consistance de sirop, est neutre aux réactifs; sa saveur est sensiblement sucrée (1).

On sait que les sels alcalins des sucs végétaux ne manifestent que très-rarement les réactions qui leur sont propres; il faut incinérer la plante pour consta-

(1) Saussure, *Recherches chimiques*, p. 162-174.

ter leur présence. Il en est ainsi des sels engagés dans le terreau.

Le terreau, comme je l'ai déjà fait observer, est le dernier terme de la putréfaction des matières organisées : ses éléments, par leur stabilité, résistent à toute fermentation. De Saussure en a conservé intact pendant un an, dans des récipients pleins d'eau, fermés par du mercure, sans remarquer aucune émission de gaz. Cependant il est hors de doute que sa partie organique ne soit entièrement destructive, quand elle est humide, par l'action de l'air; avec le temps elle se dissipe, et il ne reste plus que les matières fixes, salines et terreuses qui s'y trouvaient. C'est ce que Bénédict de Saussure avait déjà conclu en observant la terre végétale dans les environs de San-Germano et de Turin (1). Cette destructibilité de la terre végétale, dit de Saussure père, est un fait sans exception; et toutes les fois que les cultivateurs ont voulu suppléer aux engrais par des labours trop fréquemment répétés, ils en ont fait la triste expérience; la terre s'est appauvrie graduellement et les champs sont devenus stériles. J'ajouterai que la nature du climat a une grande influence sur la dissipation des principes fertilisants du sol, et c'est certainement à tort que les Européens blâment les labours superficiels que l'on donne généralement aux terres des pays équinoxiaux. Il y est bien reconnu qu'un trop grand ameublissement du fond est sou-

(1) Saussure, *Voyages dans les Alpes*, § 1319.

vent préjudiciable, même dans les terres irriguées, où par conséquent l'effet défavorable ne saurait être attribué à une dessiccation trop rapide. Quelques renseignements parvenus à l'Académie des sciences, sur la culture des possessions françaises en Afrique, tendraient à faire croire que la même cause produit les mêmes effets en Algérie, et que ce n'est pas sans raison que les Arabes donnent aussi des labours très-superficiels aux terres destinées à produire des céréales.

Le terreau se dissipe en brûlant lentement dans l'air; au contact de l'oxygène, il donne naissance à de l'acide carbonique; imbibé d'eau distillée et placé dans des cloches posées sur du mercure, il produit un volume de gaz acide précisément égal à celui de l'oxygène qui a disparu. Ainsi le terreau émet, en présence de l'air, du gaz acide carbonique, et le phénomène se passe encore ici comme si le carbone seul était brûlé. La perte éprouvée est plus forte que celle qui devrait provenir du carbone; Saussure en conclut qu'en même temps il y a perte des éléments de l'eau (1).

Le fait capital qui ressort des expériences de de Saussure, le résultat directement applicable à la théorie des engrais, c'est que le terreau se dissipe lorsqu'il est exposé à l'air, et que pendant la combustion lente qu'il éprouve, il devient une source continue de gaz acide carbonique.

(1) Saussure, *Recherches chimiques*, p. 179.

Pour compléter les notions propres à jeter quelque jour sur la nature des fumiers, il me reste à traiter d'un phénomène important qui s'accomplit dans les conditions favorables à la décomposition, à la putréfaction des matières organiques ; je veux parler de la formation spontanée de l'acide nitrique, de la nitrification. L'acide nitrique résulte de l'union de l'azote avec l'oxygène. L'azote ne se combine pas directement avec l'oxygène ; il faut qu'il y ait au moins intervention de l'eau, et suivant Cavendish, pour opérer cette union, on doit faire passer une série d'étincelles électriques dans un mélange humide des deux gaz. Cependant, en présence de bases terreuses ou alcalines, la réunion de l'azote à l'oxygène paraît être singulièrement favorisée, puisque dans la nature les nitrates se rencontrent avec une certaine abondance ; mais les circonstances qui déterminent leur formation sont encore enveloppées d'une obscurité profonde.

On peut assigner aux nitrates trois origines distinctes :

1° Des terrains, encore mal étudiés, laissent effleurir à leur surface, ou donnent par la lixiviation des quantités immenses de nitre. Telle est la source du salpêtre importé des Indes orientales. En Espagne, selon Proust, la terre de certaines localités des environs de Sarragosse serait une mine inépuisable de nitrate de potasse. J'ai vu près Latacunga, à peu de distance de Quito, sur un sol formé de débris trachy-

tiques, une production semblable de nitre s'opérer pour ainsi dire sous mes yeux.

2° Sur la côte du Pérou, dans le désert de Tarapaca, à peu de distance du port de Iquique, on rencontre dans un terrain argileux, d'une époque extrêmement récente, de nombreux gisements de nitrate de soude analogues et peut-être contemporains des gîtes de sel marin que l'on exploite sur la même côte, plus près de l'équateur, dans le désert de Sechura. C'est, à ma connaissance, le seul exemple d'un gîte minéral donnant lieu à l'exploitation d'un nitrate. Le nitrate de soude de Tarapaca arrive aujourd'hui en Europe en très-grande quantité ; ce sel remplace avec avantage le nitrate de potasse dans plusieurs arts chimiques, et tout récemment, on a fait en Angleterre des essais agricoles assez nombreux, dans la vue d'utiliser ce sel comme engrais. Jusqu'à présent ces essais ont donné des résultats contradictoires, et il faut attendre une expérience plus étendue avant de se prononcer.

3° Les nitrates provenant des matériaux salpêtrés.

La plupart des terres exposées aux émanations des animaux, les décombres des bâtiments habités depuis longtemps, le sol des écuries, des étables, des caves, contiennent presque toujours des nitrates. Dans les contrées où les pluies sont rares, et où, par conséquent, les sels solubles s'accumulent dans le terrain, en Égypte, par exemple, les ruines des villes anciennes sont aujourd'hui de véritables nitrières. C'est de la formation du nitre dans ces conditions, que nous devons surtout nous occuper. Ce sel manifeste sa pré-



sence dans nos exploitations agricoles, il prend naissance durant la confection de nos fumiers, au milieu de nos champs en culture; nous le retrouvons enfin dans les plantes, et nous sommes d'autant plus intéressés à découvrir son existence, à constater son action, que dans l'état actuel de nos connaissances, il nous est encore impossible de dire si le nitre intervient comme auxiliaire dans les phénomènes de la végétation, s'il contribue à la production des principes azotés appartenant à l'organisation végétale.

Pour que les nitrates se forment, il ne suffit pas de la présence des matières organiques azotées; il faut de plus que ces matières, pendant leur décomposition, se trouvent en contact avec des carbonates alcalins, calcaires ou magnésiens. Aussi a-t-on observé que les roches cristallines ne se *nitrifient* point aussi facilement, quand elles sont exemptes des substances que je viens de nommer. Les roches calcaires et magnésiennes les plus favorables à la nitrification des émanations animales, des végétaux en putréfaction, ont peu de cohésion, elles sont poreuses, comme la craie, le tuf. Dans les contrées où le sol ne se nitrifie point naturellement, on s'applique à faire naître les circonstances favorables à la production du salpêtre; on forme des nitrières artificielles. Dans les pays du nord de l'Europe, là où la roche est granitique, on réunit en tas, dans une cabane bâtie en bois, un mélange de terre ordinaire, de sable calcaire ou de marne et de cendres lessivées. On arrose ce tas avec de l'urine d'herbivores; de temps à autre

on remue le mélange en le changeant de place, pour favoriser l'accès de l'air, et dans la même intention on a soin de ne pas le comprimer; le monceau a ordinairement de 8 à 10 décimètres de hauteur; il est disposé en talus sur tout le développement que comporte la longueur de la cabane. La pratique a enseigné que la nitrification s'opère mieux à l'ombre (1). En Prusse, on gâche avec de l'eau de fumier un mélange composé de cinq parties de terreau, d'une partie de cendres lessivées et de paille. Ensuite on élève avec cette espèce de mortier des massifs de 6 à 7 mètres de longueur, sur 2 mètres de hauteur. Pendant la construction, on introduit en assez grand nombre des bâtons dans la masse, et on les retire lorsqu'elle a acquis une consistance suffisante pour qu'il en résulte des issues au moyen desquelles l'air puisse pénétrer. Ces murs sont placés dans des lieux humides, et recouverts de toits en paille pour les préserver à la fois du soleil et de la pluie. La masse est arrosée de temps à autre; et après un an d'exposition, les matériaux sont suffisamment salpêtrés pour être soumis à la lixiviation (2).

Nous voyons que dans les nitrières artificielles, on cherche à réunir les circonstances sous lesquelles les nitrates se forment dans le sol des écuries, dans les caves des habitations, en mettant en présence des matières organiques très-azotées, et des carbonates terreux ou alcalins. La nécessité où l'on est de faire

(1) *Instruction sur la fabrication du salpêtre;* Paris, 1820.

(2) Chaptal, *Chimie appliquée aux arts*, t. IV.

intervenir des substances d'origine animale, fait présumer que la plus grande partie de l'acide nitrique vient de l'azote de ces matières; mais nous ignorons encore par quelle voie s'effectue l'acidification.

M. Liebig, en partant de ce fait, que les matières organiques azotées donnent toujours naissance à de l'ammoniaque pendant leur putréfaction; considérant ensuite que, durant la combustion du gaz ammoniaque mêlé à un grand excès d'hydrogène, il y a oxydation de l'azote, en conclut que la nitrification est le résultat de la combustion lente de l'ammoniaque issue des matières azotées en voie de décomposition. L'azote de l'ammoniaque s'oxyde effectivement à l'aide de diverses conditions qu'il est facile de réaliser. En brûlant les substances animales au moyen de l'oxyde de cuivre, on sait de combien de précautions il faut s'entourer pour s'opposer à l'apparition de l'acide nitreux; et en favorisant la production de cet acide, par exemple en faisant passer un courant de gaz ammoniac sur du peroxyde de fer ou de manganèse placé dans un tube chauffé au rouge naissant, on obtient en abondance du nitrate d'ammoniaque. On arrive au même résultat, en soumettant à l'action de l'éponge de platine incandescente un mélange d'oxygène et d'ammoniaque gazeuse. La cause déterminante de l'acidification de l'azote engagé dans l'ammoniaque est probablement due à ce que, pendant la combustion, il se forme deux corps capables de s'unir immédiatement : d'une part, de l'acide nitrique; et de l'autre, de l'ammoniaque. Ce-

pendant le phénomène n'a lieu qu'à une chaleur suffisamment élevée. A la température ordinaire, la combustion des éléments de l'ammoniaque n'a pas, que je sache, encore été observée; et dans une série d'expériences que j'avais entreprises, en me guidant sur des idées entièrement conformes à celles émises par Liebig, je n'ai pas réussi à former des nitrates, en laissant séjourner de la chaux, de la potasse dans une atmosphère composée d'oxygène et de vapeur ammoniacale.

Dans une communication faite à l'Académie des sciences, M. Kuhlman (1) a annoncé avoir constaté la présence du nitrate d'ammoniaque dans les produits de la putréfaction des matières animales. Si ce fait se confirme, si réellement l'acide nitrique est un des nombreux produits de la fermentation putride, la nitrification des terres en contact avec les matières organiques s'expliquerait tout naturellement. Je dois dire, cependant, que j'ai cherché en vain du nitrate d'ammoniaque dans le résultat de la fermentation putride du caséum.

Resterait néanmoins à concevoir la formation du nitre dans les localités nombreuses où il semble se former en l'absence de toute substance organique, comme dans les sols salpêtrés de l'Inde, de l'Amérique et de l'Espagne. John Davy après avoir visité les nitrières de Ceylan, Proust après un long séjour dans la Péninsule, ont émis l'opinion que le nitre apparaît

(1) Kuhlman, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1841.

dans des terrains où l'on n'aperçoit aucun vestige de ces substances. L'assertion de Proust est suspecte, en ce que, dans son mémoire, il affirme que la terre voisine des nitrières est d'une grande fertilité, et qu'elle donne des récoltes abondantes sans jamais recevoir d'engrais. Or, jusqu'à ce jour, il est admis que tout terrain doué d'une grande fécondité doit contenir ou recevoir de la matière organisée morte. A Ceylan, selon Davy, les cavernes dont les parois se salpêtrent avec une si grande rapidité, sont surmontées d'un sol fertile, extrêmement boisé, dont les infiltrations peuvent pénétrer dans l'intérieur. Près de Latacunga, les observations que j'ai pu faire sur ces nitrières ne sont peut-être pas assez précises; je crois cependant pouvoir assurer que le terrain n'est pas exempt de terreau; çà et là on aperçoit des places couvertes de gazon. Il faut bien reconnaître cependant que, dans les localités que je viens de désigner, il existe une cause permanente de nitrification, puisque dans des terrains bien autrement fertiles le salpêtre n'apparaît, pour ainsi dire, qu'accidentellement, et jamais avec une aussi extraordinaire abondance.

Quoi qu'il en puisse être de la valeur des théories ingénieuses, mais encore bien incomplètes, de la nitrification, il est peut-être utile, dans des questions agricoles, de constater l'existence des nitrates contenus dans les terres. Wollaston a recommandé un procédé qui remplit bien ce but. Il est fondé sur la propriété qu'a l'eau régale, le mélange des acides chlorhydrique et nitrique, de dissoudre l'or pur, qui,

comme on sait, résiste à l'action de chacun de ces deux acides agissant isolément. La terre dans laquelle on soupçonne des nitrates est traitée par l'eau distillée bouillante, puis jetée sur un filtre. On lave et l'on réunit les eaux de lavage à la liqueur filtrée. Par l'évaporation, on réduit le liquide à un très-petit volume, et on le met dans un verre à pied ; on ajoute de l'acide chlorhydrique, puis on introduit quelques petits lambeaux d'or battu ; on agite avec une baguette de verre. Si la liqueur contient des nitrates, les parcelles d'or battu se dissolvent.

Après avoir décrit les circonstances qui déterminent et les phénomènes qui accompagnent la décomposition de la matière organisée morte, il me reste à traiter des engrais en particulier, de leur préparation, de leur application et de leur valeur relative.

Dans le cas le plus général, l'engrais destiné à fertiliser la terre a pour origine les déjections des animaux entretenus dans un domaine agricole, et la litière employée dans un double but de propreté et de salubrité. Ainsi, les matériaux qui concourent journellement à augmenter la masse des fumiers sont la paille, les excréments et les urines des bêtes à cornes, des chevaux, des porcs, etc. Ces matières organisées contiennent, en outre, diverses substances minérales indispensables au développement des plantes. En effet, toutes les déjections laissent, quand on les brûle, des quantités souvent fort considérables de cendres, dans lesquelles on retrouve les mêmes substances salines et terreuses qui préexistaient dans les

fourrages consommés par les animaux. Les excréments varient nécessairement dans leur composition, suivant les aliments ingérés, la nature et l'état de santé de l'animal qui les rend. Ceux des herbivores n'ont point été suffisamment examinés; Thaër et Einhof ont seulement constaté que la bouse de vache renferme un principe extractif en partie coagulable par la chaleur, et qu'il est possible d'en séparer des débris d'aliments. Toutes les matières fécales contiennent effectivement une certaine quantité de ces détritus échappés à la digestion, particulièrement chez les individus abondamment nourris. On y trouve quelquefois de l'albumine, mais la bile en fait essentiellement partie.

La bile est sécrétée par le foie; c'est une liqueur amère, visqueuse, d'un jaune verdâtre, d'une odeur nauséabonde; par ses propriétés et sa composition elle n'est pas sans analogie avec les savons.

La bile de bœuf renferme :

Choléate de soude (sel à acide organiq.).	11,0
Mucus; matières grasses............	0,5
Substances salines..................	1,5
Eau..............................	87,0
	100,0

La composition élémentaire de la bile desséchée serait, d'après MM. Kemp, Strecker et Gundelach :

	De bœuf.	De porc.
Carbone...........	58,5	64,5
Hydrogène..........	8,3	8,8
Oxygène...........	22,6	11,9
Azote...............	3,7	3,3
Soude.............	6,5	11,5
Sel marin..........	0,4	
	100,0	100,0

Si les excréments consistent principalement en bile imprégnant la partie non digestible de la nourriture ingérée, les aliments très-abondants en ligneux, comme la paille, le foin, occasionneront plus de déjections que la pomme de terre ou la betterave dans lesquelles il entre bien moins de matières capables de résister à la digestion :

Ainsi, la ration d'une vache étant par jour :

	Regain. kil.	Pomm. de terre. kil.	Betteraves. kil.
	15,75	38,5	71,2
Elle a rendu : Excréments humides.	24,0	12,9	7,25
Supposés secs.	5,2	3,0	1,22
La matière non digestible était....	3,4	0,54	0,98

L'urine est la partie liquide des déjections ; sa composition varie suivant les animaux qui la sécrètent. Le principe qui caractérise celle des mammifères est l'urée, dont la composition a été donnée précédemment. L'urine des herbivores contient en outre de l'acide hippurique uni à la potasse, et, dans le cas le plus général, des bicarbonates alcalins. Aussi, quand on verse de l'acide chlorhydrique dans de l'urine fraîche de cheval ou de vache, il se fait ordinairement une effervescence des plus vives, et il se dépose,

au bout de quelque temps, des cristaux d'acide hippurique : c'est que ce dernier acide, se trouvant à l'état d'hippurate, est mis en liberté; et comme il est très-peu soluble, il apparaît sous la forme de cristaux.

L'acide hippurique contient :

Carbone.......	60,7
Hydrogène.....	5,0
Oxygène.......	26,3
Azote.........	8,0
	100,0

Le régime alimentaire exerce une grande influence sur la composition de l'urine, mais l'organisation de l'animal qui la sécrète influe également sur la nature des principes immédiats : ainsi, dans l'urine de l'homme, l'urée est presque toujours associée à l'acide urique. L'urine des oiseaux, des reptiles, renferme une très-forte proportion de ce dernier acide, qu'on n'a pas encore rencontré dans celle des mammifères herbivores. Le phosphate basique de soude, les phosphates en général, constamment dans l'urine humaine, manque dans l'urine des herbivores, du moins dans les conditions ordinaires de l'alimentation.

L'acide urique est formé de :

Carbone.......	36,0
Hydrogène.....	2,4
Oxygène.......	28,2
Azote.........	33,4
	100,0

Je consignerai ici les résultats de l'examen que j'ai

fait de la constitution de l'urine des animaux de ferme :

Urine de porc. — Provenant d'un individu nourri uniquement avec des pommes de terre cuites, délayées dans de l'eau légèrement salée. Cette urine, d'une limpidité parfaite, d'un jaune pâle, d'une odeur faible, présentait une réaction alcaline très-prononcée à la température de 12°. Un litre de cette urine a pesé 1014 grammes.

Urine de vache. — La nourriture consistait en regain et en pommes de terre. Un acide versé dans cette urine y déterminait une vive effervescence, suivie d'un dépôt d'acide hippurique. La saveur était plutôt amère qu'alcaline. A la température de 12°,2 un litre d'urine de vache a pesé 1040 grammes.

Urine d'un cheval nourri avec du trèfle vert et de l'avoine :

Très-alcaline, elle a laissé déposer, au moment même où elle venait d'être rendue, un sédiment calcaire très-abondant. Comme les derniers jets, émis par le cheval, sont troubles, il est évident que ce sédiment est déjà formé dans la vessie.

Le dépôt calcaire a été analysé séparément ; il contenait, après dessiccation :

Carbonate de chaux.....	84,3
Carbonate de magnésie..	15,7
	100,0

L'urine séparée du sédiment calcaire avait une teinte pâle très-légère qui, par l'influence de l'air, a



passé au brun foncé. Cette forte coloration par l'intervention de l'oxygène est commune à l'urine de tous les herbivores.

Un litre d'urine, à la température de 22°, a pesé 1,037 grammes.

Composition des urines examinées; pour 1000 parties (1).

	VACHE.	CHEVAL.	PORC.
Urée	18,5	31,0	4,9
Hippurate de potasse	16,5	4,7	0,0
Lactates alcalins?	17,2	20,1	indéterm.
Bicarbonate de potasse	16,1	15,5	10,7
Carbonate de magnésie	4,7	4,2	0,9
Carbonate de chaux	0,6	10,8	traces.
Sulfate de potasse	3,6	1,2	2,0
Chlorure de sodium	1,5	0,7	1,3
Silice	traces.	1,0	0,1
Phosphate	0,0	0,0	1,0
Eau ; matières indéterminées	921,3	910,8	979,1
	1000,0	1000,0	1000,0

Telle est la composition de l'urine fraîche; et l'on peut voir qu'aux phosphates près, qui se trouvent dans l'excrément solide, l'urine des herbivores renferme les principes les plus fertilisants. En effet, il s'y rencontre du carbonate de potasse, dont l'action sur la végétation est des plus efficaces; des sulfates, et des principes azotés se transformant, par la putréfaction, en carbonate ammoniacal. L'urine putréfiée des herbivores, et c'est à cet état qu'on l'emploie, apporte donc aux plantes de l'azote et des sels utiles à la vé-

(1) Boussingault, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XV, 3e série.

gétation ; aussi son action sur le sol est-elle des plus avantageuses.

D'après mes analyses, le carbonate d'ammoniaque ne se trouve qu'en très-minime proportion dans l'urine fraîche des herbivores ; on en jugera par les résultats obtenus sur 1000 parties de liquide :

	Ammoniaque dosée.
Urine d'une vache laitière........	0,06
— d'une autre vache..........	0,09
— d'une autre vache..........	0,10
— d'un chameau..............	0,04
— d'un cheval................	0,04
— d'un autre cheval..........	traces
— de lapin...................	0,03
— de lapin...................	0,02

L'ammoniaque toute formée ne s'élève donc pas au-dessus de quelques cent millièmes, dans les urines récemment rendues. Il est vrai que M. Millon a rencontré jusqu'à 0,5 d'ammoniaque dans 1,000 d'urine de lapin, c'est-à-dire 20 fois plus ; mais les résultats ci-dessus, et des recherches que j'ai entreprises sur ce sujet, me font douter de l'exactitude des expériences de ce chimiste.

Tout le monde connaît le bon effet que les urines putréfiées produisent sur la prairie ; et si leur emploi n'est pas plus général, cela tient d'abord à la difficulté d'en recueillir sans perte de grandes quantités, et ensuite à l'inconvénient de transporter une matière aussi aqueuse, demandant, par cela même, à être appliquée à très-forte dose. Pour atténuer les frais de transport, on pourrait probablement préparer

sur la place même où il devrait être employé, un liquide dont les propriétés se rapprocheraient de celles de l'urine putréfiée des herbivores.

Dans l'urine en putréfaction, l'urée est remplacée par du carbonate d'ammoniaque qu'on se procure dans les fabriques de sels ammoniacaux. Aux sels alcalins à acides organiques, comme le lactate et l'hippurate, on substituerait sans inconvénient le pyrolignite de potasse. Les sels de potasse à acide organique, une fois introduits dans le sol, finissent par se transformer en carbonate ; mais cette transformation a lieu lentement, et je ne pense pas qu'on les remplacerait avantageusement par leur équivalent en carbonate : car on aurait alors une liqueur beaucoup plus alcaline que l'urine, et cet excès d'alcalinité pourrait, dans quelques cas, être nuisible. Enfin le carbonate de potasse, le sulfate de potasse, le sel marin, peuvent être ajoutés directement. Par économie, on emploierait du *salin*, dont la richesse en carbonate aurait été préalablement déterminée, et par la nature même du salin on serait dispensé d'ajouter du sel marin et du sulfate de potasse, sels qui s'y rencontrent toujours.

L'urine des oiseaux contient une forte proportion d'acide urique ; l'alimentation influe d'ailleurs sur cette proportion ; une nourriture très-azotée l'augmente considérablement. Wollaston a remarqué que dans les excréments d'une poule nourrie d'herbages il n'y avait que 2 pour 100 d'acide urique ; ceux d'un faisan alimenté avec de l'orge en renfer-

maient 14 pour 100; enfin, un faucon alimenté avec de la viande, ne rendait en quelque sorte que de l'acide urique (1).

La litière la plus communément employée pour absorber l'urine des animaux entretenus à l'étable, est la paille de froment, en grande partie formée de ligneux; comme tous les tissus végétaux, elle contient un principe azoté et des matières solubles dans les alcalis caustiques; dans sa cendre nous avons signalé de la silice en abondance, des sels alcalins et terreux.

Le rapport du poids des déjections au poids des aliments consommés est très-utile à connaître, parce qu'il devient la base de tout calcul ayant pour objet d'assurer la production du fumier. La quantité d'eau bue par les animaux influe nécessairement sur la proportion d'humidité renfermée dans les déjections, qu'il faut, en définitive, évaluer à l'état sec; autrement on est exposé à exagérer l'engrais produit par tel ou tel fourrage. En effet, l'expérience, à laquelle il faut incessamment en appeler en agriculture, montre que ce ne sont pas toujours les déjections les plus lourdes qui contiennent le plus d'engrais sec.

Je placerai ici quelques pesées faites dans un but de recherches physiologiques, parce qu'elles sont autant de données applicables à la question des engrais.

(1) Wollaston, *Annales de Chimie*, t. LXXVI, p. 31.



POIDS des animaux.	RATION consommée en 24 heures.		DÉJECTIONS humides.	DÉJECTIONS sèches.	DÉJECTIONS sèches p. 100 kil. de ration.
kil.		kil.	kil.	kil.	kil.
Cheval, 400	Foin	7,50	15,75	3,83	39,2
	Avoine	2,27			
		9,77			
Vache, 650	Pomm. de terre	15,00	36,60	4,96	22,0
	Regain.......	7,50			
		22.50			
Porc, 60	Pomm. de terre	6,50	4,35	0,27	4,1
Mouton.	Foin	0,89	2,26	0,58	65,2

Dans tous les temps, les agriculteurs ont admis que les engrais les plus énergiques dérivent des substances d'origine animale ; cette opinion traditionnelle, exprimée dans le langage de la science, revient à dire que les fumiers les plus actifs sont précisément ceux dans lesquels il entré une plus forte proportion de principes azotés. On voit, en effet, par ce qui précède, que toutes les matières qui concourent à la production du fumier de ferme contiennent de l'azote, quelquefois même en très-forte proportion, comme les acides urique et hippurique, l'urée.

En considérant les changements prochains que toutes ces matières fortement azotées éprouvent par le fait de la putréfaction, on prévoit que, pendant leur transformation en fumier, elles donneront naissance à des sels ammoniacaux. Des faits agricoles parfaitement constatés prouvent, de la manière la plus évidente, que les sels à base d'ammoniaque doivent être

rangés au nombre des agents les plus utiles à la végétation. Il suffit, par exemple, de rappeler que, dans la culture de la Flandre, l'urine putréfiée est un engrais employé avec le plus grand succès.

Sur une grande étendue de la côte du Pérou, le sol, d'une grande stérilité, est rendu fertile par l'application du guano; la terre, composée d'un sable quartzeux mêlé d'argile, produit alors des récoltes abondantes. Un changement aussi prompt et aussi favorable est opéré par un engrais formé presque exclusivement de sels ammoniacaux. C'est en présence de ce fait qu'en 1832, époque à laquelle je me trouvais sur les côtes de la mer du Sud, j'adoptais l'opinion que je professe aujourd'hui, sur l'utile intervention des sels à base d'ammoniaque dans les phénomènes de la végétation. J'ai formulé mes idées à ce sujet dans un Mémoire publié en 1837 (1). Avant cette publication, un des plus habiles manufacturiers de l'Alsace, M. Schattenmann, avait fixé l'attention des cultivateurs sur ce point important, en rappelant qu'en Suisse on introduit du sulfate de fer dans les purinières pour transformer le carbonate d'ammoniaque en sulfate, et changer ainsi un sel éminemment volatil, susceptible de se dissiper en pure perte, en un sel fixe et stable. Dans une communication faite en 1835, au comice agricole de Bouxwiller, M. Schattenmann annonça positivement que les eaux de fumiers ainsi

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXV, p. 301, 2e série.

préparées, répanduessur les prés, produisent un très-grand effet (1).

Tels sont, à ma connaissance, les faits qui établissent, bien mieux que ne le pourraient faire des observations de laboratoire, l'utile influence de l'ammoniaque sur le développement des plantes. Néanmoins, il est juste de reconnaître que bien avant les dates que je viens de rappeler, Davy avait constaté que de l'eau renfermant 1/300 de carbonate d'ammoniaque favorise singulièrement la végétation du blé, et d'une manière beaucoup plus marquée que ne le font, dans des conditions exactement semblables, le chlorhydrate et le nitrate de la même base ; ce résultat, Davy l'attribuait à ce que, dans le carbonate d'ammoniaque, il entre du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote, c'est-à-dire tous les éléments essentiels à l'organisation des plantes. L'illustre chimiste anglais a conclu de ses expériences, que l'efficacité bien connue de la suie, comme engrais, est due en partie à l'alcali volatil qu'elle renferme (2).

Dans les établissements agricoles où l'on comprend bien l'importance des engrais, toutes les précautions sont prises pour en assurer la production et la conservation. Les dépenses faites dans le but d'améliorer cette branche vitale du domaine, sont bientôt payées outre mesure. On peut, à la première vue, juger de l'industrie, du degré d'intelligence d'un cul-

(1) Procès-verbal de la séance du 12 juillet 1835, de l'assemblée générale des comices agricoles du canton de Bouxwiller.

(2) Davy, *Chimie agricole*, t. II, p. 86, traduction française.

tivateur, par les soins qu'il donne à son tas de fumier. C'est une chose déplorable de voir avec quelle négligence on laisse perdre les engrais dans une grande partie de la France ; on rencontre des villages, et malheureusement ils sont nombreux, où le fumier est déposé précisément de manière à recevoir toute la pluie qui s'écoule des toitures des habitations, comme si on se proposait de profiter des eaux pluviales pour le laver.

Le secret de la culture prospère de la Flandre française consiste peut-être dans le soin extrême que l'on met dans ce pays à recueillir tout ce qui doit servir à féconder la terre. Les sociétés d'agriculture, aujourd'hui si multipliées, rendraient un véritable service, si elles encourageaient par tous les moyens dont elles disposent, l'économie des engrais ; si elles recherchaient, pour les récompenser, les cultivateurs qui conservent leurs fumiers de la manière la plus rationnelle.

Le lieu où l'on dépose les engrais dans une ferme doit être placé à la proximité des écuries et des étables ; les dispositions peuvent varier à l'infini, mais quelles qu'elles soient, elles doivent être telles que les conditions suivantes se trouvent réalisées : 1° que les eaux de fumier ne s'écoulent pas au dehors ; 2° que ces eaux se rassemblent dans un réservoir commun pratiqué dans le sol, afin de les reporter en temps de sécheresse sur la masse de fumier ; 3° prendre toutes les mesures opportunes pour empêcher les eaux courantes extérieures de se rendre sur le dépôt, de ma-

nière qu'il ne reçoive que la pluie qui tombe sur sa surface; 4° que la place soit assez étendue pour ne pas être obligé d'accumuler le fumier sur une trop grande hauteur.

Il est très-avantageux de rendre le terrain légèrement concave, et de placer le réservoir dans le point le plus bas. Il est à désirer que le sol soit argileux, imperméable; et quand il n'en est pas ainsi, on se trouve dans la nécessité d'établir un bon pavage.

Les eaux de fumier rassemblées dans le réservoir sont remontées au moyen d'une pompe et versées sur le tas, lorsque la surface devient trop sèche. Pour exécuter cet arrosage, on place sur des tréteaux des conduits mobiles de longueur variable s'ajustant l'un à l'autre, de manière à pouvoir verser les eaux sur tous les points.

L'ouverture du réservoir, se trouvant nécessairement sous le fumier, est fermée par un gril en bois, très-solide, dont les madriers sont suffisamment rapprochés pour que les matières solides, les pailles, ne puissent y passer. Une disposition très-importante, qu'il n'est pas permis de négliger, c'est que les pentes soient ménagées de telle sorte, que les urines des écuries, des étables, les eaux de lavage, se rendent naturellement au fumier. La litière, quelque abondante qu'elle soit, n'absorbe pas la totalité des urines, surtout à l'époque où le bétail est mis au vert, et la faute que l'on commettrait en négligeant de les diriger sur le fumier serait impardonnable.

Les litières imprégnées d'excréments et imbibées

d'urine doivent être transportées sur une brouette basse sans parois; il ne faut tolérer l'enlevage au crochet, consistant à traîner les litières sur le sol, qu'autant que les lieux d'où on les enlève ne sont qu'à une très-courte distance du dépôt : si cette distance est considérable, on éprouve des pertes très-appréciables.

Les matières ne doivent pas être jetées au hasard sur le tas; il faut les étendre, les diviser. Un dépôt inégal occasionne des vides et, par suite, de la moisissure. Il importe qu'elles soient bien tassées, afin de s'opposer à une fermentation trop rapide, toujours préjudiciable lorsqu'elle s'exerce sur un fumier trop ameubli. Il faut veiller avec un soin tout particulier à ce que la masse conserve, dans les temps chauds, une certaine humidité à la surface; on y parvient en arrosant fréquemment. A Bechelbronn, le fumier est assez fortement tassé pour qu'un chariot chargé, attelé de quatre chevaux, puisse passer à sa surface sans trop de difficulté. L'épaisseur qu'il convient de donner au dépôt n'est pas une chose absolument indifférente; outre la commodité des chargements qu'il ne faut point oublier, une épaisseur trop considérable pourrait devenir nuisible en occasionnant une trop grande élévation de température, et si les circonstances obligeaient à garder pendant longtemps une masse aussi épaisse, la décomposition pourrait devenir assez rapide pour occasionner des pertes très-graves. L'expérience a prouvé que la hauteur du tas de fumier doit être comprise entre 1 mètre et demi



et 2 mètres. Deux mètres sont ordinairement la plus grande épaisseur du dépôt, en la comptant de la surface du sol de la cour. Cette profondeur est moindre à mesure qu'on s'approche vers l'extrémité où elle est nulle, car il est d'usage de conserver une pente convenable pour faciliter l'entrée et la sortie des voitures. Les chargements s'exécutent sur le fumier même.

Afin d'obvier à une trop grande dessiccation, on a l'habitude, dans certaines localités, de déposer les matières au nord d'un bâtiment. Cette disposition doit avoir des avantages incontestables, mais elle est bien rarement réalisable dans une grande exploitation, où le voisinage aussi immédiat d'une grande masse de substances en putréfaction peut devenir très-gênant et même insalubre. Dans le département du Nord, on met quelquefois les engrais à l'abri du soleil, en éludant l'inconvénient que je viens de signaler. A cet effet, on garnit les abords de la fosse d'une plantation d'ormes (1) ; cet abri est de beaucoup préférable à celui d'une toiture, que l'on a proposée fort souvent, mais que l'on ne trouve presque nulle part. Les toits préserveraient à la fois le fumier du soleil et de la pluie. La pluie n'est pas un inconvénient très-grave, si l'on a éliminé avec soin les eaux courantes ; mais les toitures sont trop dispendieuses pour songer sérieusement à en établir ; leur charpente, sans cesse exposée aux émanations humides qu'exhale une grande masse en fermentation, serait

(1) Cordier, *Agriculture de la Flandre française*, p. 249.

promptement détruite. Enfin, elles entraveraient le service des voitures qui, comme chacun sait, doit se faire très-activement à certaines époques de l'année.

Quand les circonstances, le peu d'extension de la ferme, ne permettent pas l'établissement d'un réservoir; lorsque le sol est perméable et qu'on n'a pu le rendre étanche, on court le risque de voir les eaux se perdre; le parti à prendre, pour recueillir les matières liquides du fumier est de recouvrir le fond de la fosse d'une couche de terre, de sable, de tourbe, de marne, en un mot, d'une substance sèche et poreuse, capable d'absorber les liquides. Cette pratique est souvent suivie avec profit par les cultivateurs de l'Alsace.

Dans certaines fermes, on réunit dans des dépôts particuliers les fumiers de même origine; ainsi on met ensemble les litières des écuries, on en fait autant pour celles des étables à vaches, pour celles du porc, du mouton, etc. Dans de grands établissements, un semblable triage est souvent une nécessité; mais les avantages que l'on attribue à cette division sont tout au moins contestables, et les idées que certains auteurs ont émises à ce sujet se fondent sur des observations dont l'exactitude peut être mise en doute. Sans nier que certaines cultures ne se trouvent mieux de l'emploi d'engrais spéciaux, il me paraît néanmoins plus convenable de mettre ensemble toutes les litières, quand il n'y a pas de trop grandes difficultés locales; on obtient ainsi un fumier moyen, considéré, avec raison, comme celui dont l'application est la

plus avantageuse dans les cas les plus généraux. La distinction que l'on a voulu établir entre la qualité relative des fumiers d'origines différentes, est beaucoup trop absolue, et c'est pour cette raison sans doute, qu'il est fort difficile de faire accorder l'opinion de divers agronomes. Ainsi, selon Sinclair, le fumier de porc serait de tous le plus énergique, le plus riche en principes fertilisants (1); suivant Schwertz, ce serait au contraire le plus mauvais (2).

La vérité est que des fumiers issus des mêmes animaux présentent souvent plus de différences entre eux, sous le rapport de la qualité, que des engrais provenant de sources très-distinctes, parce que leur valeur dépend surtout de l'alimentation, de l'âge et de la condition dans laquelle se trouve l'animal qui les produit. Il est bien connu que le bétail nourri avec de la paille donne un fumier bien inférieur à celui qui provient d'une ration plus substantielle.

Lorsque les litières imprégnées des déjections animales sont accumulées en quantité suffisante dans la fosse, la fermentation ne tarde pas à se manifester : la température s'élève, et il se dégage d'abondantes vapeurs. Comme au nombre des produits volatils de cette décomposition, se trouve le carbonate d'ammoniaque, il importe de la ralentir; on y parvient en tenant la masse dans un état convenable d'humidité, et en ménageant autant que possible l'accès de l'air

(1) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 388.
(2) Schwertz, *Préceptes d'agriculture pratique*, p. 148.

atmosphérique. L'addition journalière des litières nouvelles amenées des étables, contribue puissamment à empêcher la dispersion des principes volatils qu'il est si important de retenir dans les engrais; réparties avec discernement, elles deviennent un obstacle à l'évaporation; elles forment une couverture remplissant le rôle de condensateur, en même temps qu'elles préservent les couches inférieures du contact trop direct de l'oxygène. Tant que le fumier est entretenu de cette manière, la fermentation est restreinte aux couches inférieures de la masse.

Thaer s'est assuré que l'air recueilli à la superficie d'un tas de fumier soumis à une fermentation modérée, ne contient pas beaucoup plus d'acide carbonique que celui pris au loin dans l'atmosphère. Un vase renfermant de l'acide nitrique ne produit point non plus, quand on le place dans le voisinage de la masse en fermentation, ces vapeurs blanches et épaisses, caractère certain de la présence de l'ammoniaque (1). Cette décomposition lente, qu'il est si avantageux de déterminer, ne se réalise aisément que sur des masses suffisamment comprimées, et dans lesquelles les litières ont été épandues aussi également que possible. Un point important, est d'enlever le fumier avant que les parties supérieures, récemment ajoutées, soient en voie d'altération; autrement la masse tout entière entre en pleine décomposition, et les matières volatiles n'étant plus arrêtées au pas-

(1) Thaer, *Principes raisonnés d'agriculture*, t. II, p. 184.



sage par la couche supérieure, s'échappent et vont se perdre dans l'atmosphère. Un moyen de prévenir cette perte, dans le cas assez rare où on aurait un motif pour laisser consommer la masse sur toute son épaisseur, serait de la recouvrir de terre végétale dans laquelle viendraient se condenser les principes volatils. La terre qui aurait servi de couverture serait ainsi transformée en un engrais puissant.

On a proposé pour empêcher la dissipation du carbonate d'ammoniaque, durant la fermentation du fumier de ferme, de faire intervenir certains sels capables de transformer ce carbonate volatil en un sel fixe. C'est en se fondant sur une réaction de cette nature que M. Schattenmann, l'habile directeur de l'usine de Bouxwiller, ajoute aux fumiers une certaine quantité de sulfate de fer, ou de sulfate de chaux, pour fixer en un sel stable l'ammoniaque formée durant leur putréfaction (1). Toutefois, cette opération est loin d'être à l'abri de la critique. Au reste, il ne faut pas s'exagérer la perte en ammoniaque qu'éprouvent les fumiers quand on dirige la fermentation avec prudence et en suivant les indications que j'ai données. Je ne crains pas d'assurer qu'alors cette perte est très-peu considérable. La fermentation modérée présente des caractères fort différents de ceux de la putréfaction tumultueuse, qui ne manque jamais de se développer lorsqu'on néglige de prendre les pré-

---

(1) Schattenmann, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. IV, p. 358.

cautions convenables. Comme exemple d'une fermentation rapide et défavorable, je puis citer celle qui s'établit dans des amas d'excréments de chevaux ; j'ai vu ces matières, abandonnées à elles-mêmes, sans addition d'eau, acquérir en quelques jours une chaleur très-intense, et prendre feu. J'en ai vu se réduire à un état entièrement terreux. Tels ne sont pas les résultats de la décomposition graduelle du fumier de ferme. Quand on vide la fosse où s'est opérée une fermentation lente, on reconnaît que la couche supérieure est presque au même état où elle se trouvait quand elle a été apportée ; la partie qui vient immédiatement au-dessous est plus altérée : elle dénote parfois une légère odeur ammoniacale. Dans les strates inférieures, la modification est profonde ; la paille de litière a perdu sa consistance, elle est fibreuse, se rompt avec la plus grande facilité ; le fumier offre une couleur d'autant plus foncée, qu'on le prend à une plus grande profondeur. Près du sol, il est complètement noir, l'odeur qu'il répand est celle de l'acide hydrosulfurique ; on y reconnaît du sulfure de fer, et nul doute que ces produits sulfureux ne soient la conséquence de la décomposition des sulfates par l'influence des matières organiques. C'est à ce signe que je reconnais la bonne confection de l'engrais de ferme ; la présence des sulfures, de l'hydrosulfate d'ammoniaque n'a rien d'alarmant pour la végétation, car à peine le fumier est-il étendu sur le sol, que ces produits se transforment en sulfates, et bientôt il émet cette odeur musquée qui lui est particulière.

Nul doute encore que l'état sous lequel se trouve un semblable fumier ne soit dû aux circonstances dans lesquelles on l'a placé et entretenu pendant tout le temps de sa modification; les éléments eussent suivi une tout autre marche dans leur décomposition, si on les avait abandonnés à l'air libre. Pour s'en convaincre, il suffit de remarquer l'odeur purement ammoniacale, si fortement prononcée, qui se développe pendant l'été dans les écuries, dans les étables, là où séjournent, répandues sur le sol, les urines des herbivores.

On comprendra facilement combien doit être défavorable à la bonne confection du fumier, l'usage où l'on est, dans certaines contrées, de le retourner, de l'aérer en quelque façon pour hâter sa décomposition. Ainsi tourmenté, il se décompose, en effet, beaucoup plus promptement; mais on n'obtient ce résultat, dont je ne vois pas précisément le but, qu'aux dépens de la qualité; car il est bien évident qu'une partie de ses principes volatils s'évaporent d'autant plus aisément, qu'on multiplie davantage leurs points de contact avec l'air.

La méthode consistant à réunir les litières des étables sur une place destinée à la conservation des fumiers, est la plus généralement usitée. Cependant, il est des pays où on laisse le fumier s'accumuler dans les étables, en le recouvrant chaque jour de paille fraîche. Le sol s'exhausse ainsi continuellement sous les pieds du bétail : aussi, on est obligé d'établir des crèches mobiles que l'on élève graduel-

lement. Cette méthode a cela de commode, qu'on n'est pas astreint à nettoyer aussi fréquemment; mais on gagne peu sous le rapport de l'économie de la main-d'œuvre, car, en définitive, c'est toujours à peu près la même masse d'engrais qu'il faut transporter. La fermentation du fumier serait grandement favorisée par la température toujours élevée des écuries, si le piétinement constant des bêtes n'opérait un tassement très-fort; ensuite, la paille nouvelle dont on le recouvre tous les jours produit ici l'effet que j'ai signalé dans les fosses à fumier : elle condense les vapeurs et s'oppose à l'évaporation. Le fait est que, dans les étables où l'on conserve ainsi les déjections, on n'observe pas toujours une très-mauvaise odeur, et les animaux qui les habitent respirent sans inconvénient, si l'on a le soin de ne pas intercepter toute communication avec l'extérieur, ce qu'on ne doit faire dans aucun cas, alors même que l'étable est entretenue avec la plus grande propreté. Cet usage devient à peu près impraticable quand le bétail reçoit, non plus une nourriture sèche, mais des aliments très-aqueux, comme des racines, du trèfle vert; l'abondance des urines est si considérablement augmentée par ce régime, les excréments sont si volumineux et si fluides, qu'il faudrait une énorme quantité de paille pour absorber les parties liquides; et malgré cette augmentation de litière, les animaux seraient encore exposés à séjourner dans la fange, ce qui, à n'en pas douter, deviendrait une cause puissante d'insalubrité.

En Belgique, on parvient, selon Schwertz, à con-

server les déjections dans les étables, en remédiant aux inconvénients que la méthode précédente présente ordinairement. Le bétail est placé sur une sorte d'estrade élevée tant soit peu au-dessus du plancher: on peut alors accumuler sur le sol le fumier qu'on retire de dessous les animaux (1).

La paille est souvent d'un prix assez élevé, elle est rare dans certaines contrées; aussi dans quelques parties de la Suisse, où on se livre à la culture des prairies, on est obligé d'économiser la litière autant que possible, et dans ce but on la lave. Bien qu'il soit difficile de donner la raison d'une pratique dont l'effet est d'augmenter outre mesure le volume d'un engrais, en en diminuant la qualité, et d'accroître ainsi les dépenses occasionnées par les transports, il est de fait que cette méthode se maintient depuis très-longtemps et qu'elle s'est propagée dans divers cantons (2). On ne voit là d'autre objet que celui de recueillir, jusqu'à la dernière particule, les excréments rendus par le bétail, en employant des lavages abondants qui font rentrer cette méthode dans celle suivie par les chimistes dans leurs analyses les plus précises.

L'urine rendue par le bétail coule dans une rigole communiquant avec un grand réservoir; cette rigole contient de l'eau, dans laquelle non-seulement on délaye les déjections solides, mais qui sert encore à

(1) Thaer, *Principes raisonnés d'agriculture*, t. II, p. 179.

(2) Schwertz, *Préceptes de l'agriculture pratique*, p. 196.

laver la paille de litière qu'on ne remplace que deux fois par semaine. Les réservoirs sont construits dans le sol même de l'écurie pour les mettre à l'abri de la gelée. La fermentation d'une masse aussi délayée est à peine perceptible, et on peut être assuré qu'à part les fuites, il ne se perd rien de la matière animale en décomposition. L'engrais liquide est retiré à l'aide d'une pompe et conduit aux champs dans des cuves disposées sur des chariots.

On est aussi dans l'habitude d'employer séparément, comme engrais, les urines du bétail : on donne à cet engrais le nom de *purin;* en Suisse on y ajoute souvent du sulfate de fer, pour faire passer, comme je l'ai déjà dit en critiquant le procédé, l'ammoniaque à l'état de sulfate. Les engrais liquides ont leurs avantages et leurs inconvénients ; quant à leur valeur, nous chercherons bientôt à l'apprécier comparativement à celle des engrais solides, et cette appréciation nous conduira à adopter, sur les engrais délayés, l'opinion de M. Crud, qui considère comme exagérés les avantages qu'on leur attribue en Suisse (1).

Quelle que soit la forme sous laquelle les engrais sont appliqués, on a vivement agité la question de savoir s'il est avantageux ou nuisible à l'intérêt du cultivateur de les employer avant ou après qu'ils ont fermenté.

Les matières organiques ne deviennent propres à favoriser le développement des plantes qu'autant

(1) Crud, *Économie théorique et pratique de l'agriculture*, t. I p. 306.

qu'elles ont subi une profonde altération. Un des résultats de cette modification est, comme nous l'avons admis, l'apparition de sels ammoniacaux. Le fumier frais, tel qu'il sort de l'étable, introduit directement dans la terre, y éprouve exactement la même altération et donne naissance aux mêmes produits : il y a cette seule différence, qu'étant disséminé, étendu dans une grande masse inerte, la décomposition s'opère avec beaucoup plus de lenteur que s'il était accumulé dans les fosses. La question si vivement controversée se réduit donc réellement à celle-ci : Est-il avantageux de laisser fermenter les fumiers dans le sol même qu'ils doivent fumer?

On peut s'étonner aujourd'hui qu'une semblable question ait été soulevée, et plus encore que la réponse affirmative ait été combattue par des agriculteurs du plus grand mérite. On a été jusqu'à prétendre que les déjections nouvelles nuisent à la végétation. La preuve du contraire peut s'établir facilement; il suffit, en effet, de rappeler que dans le parcage des moutons, du bétail, les excréments, comme les urines, passent immédiatement aux champs, aux pâturages que parcourent les animaux. Sans aucun doute, les déjections fraîches, répandues en excès, peuvent nuire aux plantes; mais on peut en dire tout autant des engrais fermentés.

Un chimiste italien, M. Gazzeri, s'est livré avec une persévérance digne des plus grands éloges à des travaux ayant pour objet de montrer que l'usage dans lequel on est généralement de laisser putréfier les

fumiers, avant de les conduire sur les terres, occasionne une perte considérable en principes fertilisants, et que, par conséquent, il est avantageux de les employer à l'état même où ils sortent des étables.

Pour lever tous les doutes que l'on pouvait encore conserver sur l'effet nuisible des engrais non fermentés, M. Gazzeri a fait venir du blé dans une terre fumée avec une dose extraordinaire de colombine, qui passe pour un des engrais les plus actifs. Du crottin de cheval, pris au moment où il venait d'être rendu, mêlé à la terre dans la proportion d'un quart en volume, n'a causé aucun obstacle à la végétation des céréales (1).

Pour se former une idée de la perte éprouvée par les fumiers frais pendant la fermentation, M. Gazzeri les a d'abord pesés ; puis, lorsque la décomposition a été accomplie, il a constaté de nouveau, non-seulement leur poids, mais il a encore déterminé la proportion des matières fixes et celle des substances solubles. Pour les déjections du cheval, il est arrivé à cette conclusion, qu'ils perdent, en quatre mois de fermentation, plus de la moitié du poids de la matière sèche qu'ils contenaient avant la putréfaction. Au reste, Davy avait déjà prouvé que, durant la décomposition des engrais frais, il se perd des vapeurs dont l'action peut être utilisée dans la végétation. L'expérience consistait à

(1) Gazzeri, *Annales de l'Agriculture française*, t. XIX, p. 49, 2e série.

introduire du fumier dans une cornue dont le bec se rendait sous les racines d'un gazon. En quelques jours, l'herbe exposée aux émanations de la cornue végétait avec une vigueur toute particulière (1).

Quoiqu'il soit certain qu'en dirigeant avec prudence la confection des fumiers, on parvienne à retenir les produits ammoniacaux volatils de la putréfaction, il semble néanmoins hors de doute que l'emploi direct avant la fermentation offre plus de garanties contre les pertes. Aussi, Thaer, Schwertz, M. Coke en Angleterre, ont fini par reconnaître l'opportunité de ce dernier usage. Cependant, dans le plus grand nombre des fermes, on rassemble les fumiers, et on ne les répand sur les terres que lorsqu'ils ont fermenté : cela tient à ce que leur accumulation est presque toujours une nécessité de la position. Dans la grande culture, le transport des engrais n'a lieu qu'à des époques déterminées ; il ne saurait être continu comme l'est leur production, car il faut avant tout que les terres soient vides pour être amendées : on est donc obligé de conserver les fumiers. En Alsace, on les porte sur les champs toutes les fois que les circonstances le permettent, sans s'astreindre à leur état plus ou moins avancé de décomposition. Par un effet de ces mêmes circonstances, qui font qu'il séjourne dans la fosse pendant deux ou trois mois, l'engrais est à demi consommé ; c'est peut-être, après tout, l'état le plus convenable sous lequel il puisse

(1) Davy, *Chimie agricole*, t. II, p. 43, trad.

être introduit dans le sol. Il s'enterre facilement, et ses principes fécondants sont déjà assez abondants pour agir dans un temps donné avec plus d'activité que ne le ferait du fumier entièrement frais. C'est presque toujours à cet état que se trouve l'engrais que nous employons : il arrive bien rarement qu'il ait passé trois mois dans les fosses avant d'être enlevé ; la promptitude d'action est un point qui n'est pas sans importance, et l'avantage pour le cultivateur d'activer ses cultures, le décidera souvent à faire usage d'engrais fermenté. Dans les pays chauds et humides, on comprend très-bien qu'il devienne à peu près indifférent d'enterrer des fumiers frais ; leur décomposition, aidée par la chaleur du climat, s'accomplit toujours assez rapidement ; mais il n'en est plus ainsi dans les climats tempérés : là, la température qui développe et entretient la végétation est souvent de courte durée, et il faut en profiter, car pendant une grande partie de l'année, le sol refroidi conserve intactes les substances organiques qui y sont enfouies. Dans ces conditions climatériques, nul doute que l'on ne doive accorder la préférence aux fumiers faits. C'est probablement à de semblables motifs qu'il faut attribuer l'usage si répandu en Suisse, des engrais liquides fermentés, dont l'action est pour ainsi dire instantanée. C'est avec de telles matières que l'on active, en Flandre, les cultures de plantes industrielles.

La fermentation, quand elle est conduite avec discernement, et en prenant toutes les précautions

nécessaires pour s'opposer à la volatilisation des sels ammoniacaux, à la déperdition des parties solubles, a, indépendamment de l'avantage de produire un engrais immédiatement actif, celui de le donner sous un plus petit volume et sous un moindre poids. Le fumier perd souvent le tiers de sa masse en fermentant, et c'est là une circonstance qui amène une économie importante dans les transports. On arriverait à réaliser cette économie avec les fumiers frais, en les desséchant au soleil, ainsi que je l'ai vu pratiquer quelquefois ; ils se réduisent ainsi au tiers ou au quart de leur poids, et quand la distance à parcourir est assez grande, il peut y avoir avantage à opérer cette dessiccation.

Un reproche assez grave, fait à l'application du fumier nouveau, c'est qu'elle introduit dans les terres destinées à porter des céréales, des graines de mauvaises herbes, des œufs d'insectes que la putréfaction seule est capable de détruire (1). Ce reproche perd nécessairement toute sa force dans le cas où l'on fume une plante sarclée ; et l'habitude où nous sommes de conduire sur les premières soles des fumiers à tous les états de décomposition, est une garantie de ce que les engrais frais ne présentent réellement aucun inconvénient dans la pratique. Une autre difficulté, signalée par Thaer, est celle d'enfouir un fumier aussi long et aussi pailleux que l'est celui qui sort

(1) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 398 traduct.

des étables. Cette difficulté disparaît, ou, tout au moins, est grandement atténuée quand on dépose l'engrais dans les sillons à mesure que la charrue les trace.

Si les opinions sont encore partagées sur la question de savoir si le fumier doit être enfoui avant ou après la fermentation, elles ne le sont pas moins sur le mode de le répandre sur les terres, sur les époques où il convient de le transporter aux champs. Au reste, on conçoit que la conviction que l'on s'est formée sur la première question influe nécessairement sur l'opinion que l'on professe à l'égard de la seconde. Ceux qui sont convaincus que l'on peut employer le fumier comme il sort des étables sont absolument indifférents sur les époques où les transports doivent avoir lieu ; ils mettent à profit, pour exécuter ce travail, les moments les plus convenables, et ce n'est pas là un minime avantage ; c'est ce que nous faisons à Bechelbronn : nous transportons nos engrais dès que nous le pouvons. Les terres destinées à être fumées au printemps sont approvisionnées durant l'hiver, lorsque la gelée permet de les aborder. Le fumier, d'abord déchargé en petits tas placés de distance en distance, est ensuite épandu, aussi également que possible, quelquefois sur la neige, et nous n'avons jamais trouvé aucun inconvénient à cette pratique. Certains cultivateurs accumulent en temps opportuns de grands tas de fumier, sur les terres pour épandre ensuite au moment même des labours.

On a critiqué la méthode de laisser ainsi exposé

aux intempéries et pendant plusieurs mois le fumier étendue sur les champs; on a dit que, par une semblable exposition, l'engrais perd ses éléments volatils; que les pluies le lavent et enlèvent ses parties les plus solubles; et, guidés par ces craintes, les cultivateurs qui les partagent n'étalent leur fumier qu'au moment où ils vont l'enfouir. Cette divergence d'opinions chez des praticiens, tous personnellement intéressés à retirer des engrais le plus grand effet possible, ne doit pas être jugée légèrement : lorsqu'il s'agit de méthodes en agriculture, il ne faut pas se presser de généraliser. Le climat a dans la question sa part d'influence. En Alsace, l'expérience a prononcé favorablement; mais, dans d'autres contrées, il peut y avoir de très-bonnes raisons pour ne pas agir de la même manière. En Alsace, où la pluie recueillie dans un an est environ 68 centimètres, il ne tombe, durant les mois de décembre, janvier et février, que 11 centimètres d'eau (1); dans un climat où il pleuvrait davantage pendant l'hiver, les fumiers pourraient probablement se détériorer. La qualité des engrais doit être également prise en considération. Un fumier chargé d'une forte proportion de carbonate d'ammoniaque, répandant une odeur d'alcali volatil très-prononcée, perdrait infailliblement de sa valeur par une exposition prolongée à l'air; mais cette perte devient très-peu sensible quand les engrais, par une bonne con-

(1) Herrenschneider, *Résumé des observations météorologiques faites à Strasbourg*, p. 29.

fection, ne renferment qu'une faible quantité de sels ammoniacaux volatils; ou bien encore, lorsque ce sont des fumiers frais qui ont été déchargés dans une saison assez froide pour qu'ils se conservent sans altération jusqu'à l'époque des labours. Quand les pluies ne sont pas trop abondantes, les parties solubles du fumier étalé sur la terre pénètrent et séjournent dans sa couche supérieure, absolument comme il arrive lorsqu'au lieu d'incorporer l'engrais dans le sol on le répand sur les plantes en pleine végétation. L'usage de *fumer en couverture* est souvent avantageux et d'un grand secours dans la pratique; c'est une nouvelle preuve du peu d'inconvénient qu'il y a à laisser le fumier exposé aux intempéries de l'atmosphère, puisque cet usage consiste à l'éparpiller à la surface des terres déjà ensemencées. Cette méthode est née de la nécessité: on l'a d'abord suivie, pour donner au sol un supplément à la dose insuffisante de fumier qu'il avait reçue avant les semailles; mais on s'en est si bien trouvé dans plusieurs contrées, qu'on l'a continuée. Nous l'avons appliquée plusieurs fois aux plantes sarclées et aux jeunes luzernes avec un avantage décidé, provenant principalement de ce que l'on gagne du temps pour la production des engrais. Dans le comté de Marck, la pratique de fumer en couverture les terres ensemencées en céréales d'hiver se propage de plus en plus (1); on fume lorsque la plante est déjà sortie de terre, et l'expérience prouve

(1) Schwertz, *Principes raisonnés d'agriculture*, p. 267.

que le passage des chariots sur le champ, le piétinement, n'occasionnent pas de dommages appréciables : les traces en disparaissent bientôt ; néanmoins, il est préférable de l'exécuter lorsque la terre est endurcie par l'effet du froid. Dans mon opinion, la fumure en couverture doit être considérée comme un moyen d'apporter à un sol déjà en culture l'engrais qu'on a été forcé de lui refuser à une époque antérieure. Cependant Thaer assure (1), et son autorité est toujours d'un grand poids, qu'il a trop souvent reconnu les bons effets du fumier épandu sur les légumineuses, pour ne pas être convaincu de l'excellence de cette pratique sur un terrain meuble dans lequel les semailles auraient été tardives.

La composition élémentaire du fumier de ferme est une donnée utile. J'ai analysé à plusieurs reprises celui de Bechelbronn, pris à un état moyen de putréfaction (2) ; les animaux qui, à cette époque, concouraient à sa production étaient :

Trente chevaux,
Trente bêtes à cornes,
Douze à vingt porcs.

Le fumier préparé :

Dans l'hiver de 1837-1838, contenait	20,4 p. 100 de matière sèche.
Dans l'hiver de 1838-1839........	22,2
Dans l'été de 1839...............	19,6
Moyenne...	20,7
Eau........	79,3

(1) Thaer, *Principes raisonnés d'agriculture*, t. II, p. 187.
(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. I, p. 234

L'analyse a donné les résultats suivants :

Époque de la préparation.	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.	Cendres.
Hiver 1837-1838.......	32,4	5,8	25,8	1,7	56,3
Id..........	32,5	4,1	26,0	1,7	55,7
Id..........	38,7	4,5	28,7	1,7	26,4
Printemps 1838.........	36,4	4,0	19,1	2,4	38,1
Printemps 1839.........	40,0	4,3	27,6	2,4	25,7
Id..........	34,5	4,3	27,6	2,0	51,5

En moyenne, le fumier de ferme desséché à 110° contient :

Carbone.........	35,8
Hydrogène.......	4,2
Oxygène.........	25,8
Azote...........	2,0
Sels et terre......	32,2
	100,0

Avec l'humidité, sa composition est représentée par :

Carbone.......	7,41
Hydrogène	0,87
Oxygène	5,34
Azote..........	0,41
Sels et terres....	6,67
Eau...........	79,30
	100,00

La constitution des fumiers doit nécessairement varier; cependant, ceux dont l'origine est commune ne semblent pas présenter de très-grandes différences. Ainsi, un fumier de cheval provenant du midi de la France a donné à l'analyse, en le supposant sec, 2,1 pour 100 d'azote; il ne contenait que 61 pour 100 d'humidité; l'eau est, en effet, l'élément le plus variable. Un autre fumier examiné par M. Thomas

Richardson renfermait, à l'état où il a été enfoui,

Matières organiques...	24,7
— minérales....	10,3
— Eau.........	65,0
	100,0

	Sec.	Humide.
Carbone.........	37,4	13,09
Hydrogène.......	5,3	1,86
Oxygène.........	25,5	8,82
Azote............	1,8	0,63
Sels et terres.....	30,0	10,50
Eau.............	» »	65,10
	100,0	100,00

Dans un fumier *fait*, de la ferme de Grignon, près Versailles, M. Soubeiran a trouvé :

Matières organiques...............	19,2
Sels solubles alcalins...............	0,7
Carbonates de chaux et de magnésie.	1,5
Sulfate de chaux	1,1
Phosphate ammoniaco-magnésien....	1,1
Phosphate de chaux...............	0,4
Matières terreuses.................	6,6
Eau.................	69,4
	100,0

L'azote se trouvait ainsi réparti :

Azote : des sels ammoniacaux solubles........	0,167
du phosphate ammoniaco-magnésien..	0,064
de la matière organique.............	1,160
Azote dans les fumiers humides....	1,391

Pour la matière supposée sèche on aurait, en totalité, 4,54 d'azote pour 100.

Ce fumier était à un état très-avancé de décom-

position ; néanmoins la proportion d'azote paraît encore bien forte, puisqu'elle égale celle de l'urine des herbivores (1).

M. Houzeau a fait quelques recherches sur du fumier à demi consommé des ménageries du Jardin-des-Plantes, provenant, par conséquent, d'animaux les plus divers.

Ce fumier, dont l'odeur musquée est très-prononcée, n'a pas donné de carbonate d'ammoniaque pendant une dessiccation opérée à 120 degrés. Il ne renfermait aucun sel ammoniacal, pas de phosphate ammoniaco-magnésien. Cependant, par son aspect, ses caractères, par les applications qu'on en fait, on doit le considérer comme de bonne qualité.

M. Houzeau en a retiré

Matières organiques...	28,00	
Acide phosphorique...	0,26	Matières minérales. 5,21
Acide carbonique.....	0,13	
Chaux..............	0,94	
Magnésie............	0,23	
Oxyde de fer.........	0,10	
Chlor. et sulf. alcalins.	0,27	
Sable et argile.......	3,28	
Eau.................	66,80	
	100,01	

100 de fumier sec ont donné azote 1,6. Soit 0,53 pour 100 de fumier non desséché.

(1) La détermination de l'azote des fumiers, et en général de toute matière renfermant des sels volatils d'ammoniaque en faible quantité, se fait sur la substance humide. La dessiccation opérée pour rapporter à la matière sèche affecte la proportion d'eau d'une légère erreur due à la déperdition des vapeurs ammoniacales.

Si nous possédions maintenant la composition et la quantité de déjections rendues en 24 heures par les animaux contribuant à la production du fumier, il deviendrait possible de déterminer, approximativement, quels ont été les éléments éliminés pendant la fermentation. Il suffirait de comparer la matière élémentaire contenue dans les litières sorties des étables, avec celle de l'engrais fermenté. Je possède des données que je crois suffisantes pour essayer cette comparaison. Toutefois, je dois prévenir que les analyses dont je vais présenter le résultat ont été faites sur les produits rendus par un seul individu de chaque espèce, celui sur lequel on a dosé les déjections émises en 24 heures. Il eût été de beaucoup préférable d'avoir des analyses et des quantités moyennes; mais le travail qui m'a décidé à entreprendre ces expériences a été fait dans un but tout différent de celui que je me propose d'atteindre actuellement.

Déjections du cheval (1).

Le cheval recevait pour nourriture du foin et de l'avoine. L'urine et les excréments réunis contenaient 76,2 pour 100 d'humidité. En 24 heures, les déjections ont pesé : humides 15 kil. 580; sèches 3 kil. 713.

On a trouvé pour leur composition :

(1) La taille du cheval était au-dessous de la taille moyenne des chevaux de la ferme; il pesait environ 400 kilogrammes.

	A l'état sec.	A l'état humide.
Carbone.........	38,6	9,19
Hydrogène.......	5,0	1,20
Oxygène.........	36,4	8,66
Azote...........	2,7	0,65
Sels et terres.....	17,3	4,13
Eau.............	» »	76,17
	100,0	100,00

Déjections de la vache.

La vache était alimentée avec du foin et des pommes de terre crues. L'urine et les excréments réunis contenaient 86,4 d'humidité. Le poids des déjections en 24 heures était : humides 36 kil. 613 ; sèches 4 kil. 961.

L'analyse a indiqué pour leur composition :

	A l'état sec.	A l'état humide.
Carbone.......	39,8	5,39
Hydrogène.....	4,7	0,64
Oxygène.......	35,5	4,81
Azote..........	2,6	0,36
Sels et terre....	17,4	2,36
Eau...........	» »	86,44
	100,0	100,00

Déjections du porc.

Les porcs sur lesquels ont porté les observations étaient âgés de six à huit mois, ils étaient nourris avec des pommes de terre cuites. L'urine et les excréments ont perdu à la dessiccation 82 pour 100 d'humidité ; la moyenne des déjections rendues par un porc en 24 heures a été : déjections humides 4 kil. 170 ; sèches 0 kil. 750.

Composition :

	A l'état sec.	A l'état humide.
Carbone.......	38,7	6,97
Hydrogène.....	4,8	0,86
Oxygène.......	32,5	5,85
Azote	3,4	0,61
Sels et terres...	20,6	3,71
Eau...........	» »	82,00
	100,0	100,00

Litière.

La litière est faite le plus souvent avec de la paille de froment. Cette paille, à l'état où elle est employée, renferme 26 pour 100 d'humidité.

Sa composition est :

	Sèche.	Non desséchée.
Carbone.......	48,4	35,8
Hydrogène.....	5,3	3,9
Oxygène.......	38,9	28,8
Azote	0,4	0,3
Sels et terre....	7,0	5,2
Eau...........	» »	26,0
	100,0	100,0

Pour litière, un cheval à Bechelbronn recevait alors par jour, paille............... 2 kil.
une vache.................... 3
un porc...................... 1,87 kil.

En 24 heures, on donne en litière aux écuries et aux étables :

Pour 30 chevaux, paille.... 60 kil.
30 bêtes à cornes...... 90
16 porcs............. 30

Paille......... 180 kil., supposée sèche 133 kil.

Les quantités et la composition des matières qui entrent au fumier en un jour, sont :

DÉJECTIONS rendues en 24 heures par :	POIDS à l'état sec.	POIDS à l'état humide	ÉLÉMENTS DE LA MATIÈRE SÈCHE.					EAU qui constit. la matière humide.
			Carb.	Hydr.	Oxyg.	Azote.	Sels et terr.	
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil	kil.	kil.
30 chevaux......	111,4	467,4	45.0	5,6	40.5	3,0	19.5	356.0
30 bêtes à cornes.	148,8	1098,4	59.2	7,0	52,8	3,9	25.9	949.6
16 porcs.........	12.0	66,7	4,6	0,6	3,9	0.4	2,5	54,7
Paille des litières.	133,0	180,0	64,4	7,1	51,7	0,5	9,3	47,0
	405,2	1812,5	171,2	20,3	148,9	7,8	57,0	1407,3

On tire pour la composition moyenne de ce mélange :

A L'ÉTAT SEC.					A L'ÉTAT HUMIDE.					
Carb.	Hydrog.	Oxygèn.	Azote.	Sels.	Carb.	Hydr.	Oxyg.	Azote.	Sels.	Eau.
42,5	5,0	36,7	1,9	14,1	9,4	1,2	8,2	0,4	3,2	77,6
LA COMPOSITION DU FUMIER EST :										
33,8	4,2	25,8	2,0	32,2	7,4	0,9	5,3	0,4	6,7	79,3

En comparant cette composition à celle des litières rassemblées en un jour, on trouve peu de différence. L'excès de matières minérales existant dans l'engrais, s'explique tout naturellement par les cendres qu'on lui incorpore, par l'arrivée accidentelle de substances terreuses, comme les balayures de cour, la terre végétale adhérente aux racines, les débris, les résidus du nettoyage des fourrages consommés à l'étable ; enfin par les éléments dissipés à l'état de gaz, ou transformés en eau. L'azote est en propor-

tion sensiblement plus forte dans l'engrais fermenté que dans les litières et les déjections fraîches. C'est ce qu'on voit aisément en comparant la composition des deux produits, calculée en faisant abstraction des matières salines.

La composition des litières fraîches devient : C. 49.3 H. 5,8 O. 42,7 Az. 2,0
Celle du fumier.......................... C. 52,8 H. 6,1 O. 38,1 Az. 3.0

Le fumier est donc un peu plus riche en carbone que les litières ; il renferme moins d'oxygène. C'est le fait du ligneux de donner en se décomposant, un produit plus abondant en carbone, malgré l'acide carbonique formé pendant son altération ; c'est qu'il s'en sépare en même temps les éléments de l'eau.

Le fumier fermenté contient moins d'oxygène ; il devrait aussi renfermer moins d'hydrogène, ce que n'indiquent pas les analyses. Mais il faut observer que les 4,6 d'oxygène trouvés en moins, n'exigeraient, pour former de l'eau, que 0,57 d'hydrogène, nombre dont il est impossible de répondre dans des recherches faites sur de semblables produits. Tout ce qu'il est permis de conclure avec certitude, c'est que l'engrais, après avoir fermenté, contient plus d'azote que les matières qui concourent à sa production ; et que, par cette raison, il est vraisemblable qu'on n'éprouve sur la totalité de ce principe qu'une perte très-peu importante, quand la fermentation est bien conduite, quand on porte l'engrais sur les terres avant que la putréfaction ait fait trop de progrès.

L'azote est un des éléments qu'il importe le plus

d'augmenter et de conserver dans les fumiers. Les matières organiques les plus avantageuses à la production des engrais sont précisément celles qui donnent naissance, par leur décomposition, à la plus forte proportion de corps azotés, solubles ou volatils. Je dis par leur décomposition; car, et je ne saurais trop insister sur ce point, la présence seule de l'azote dans une matière d'origine organique, ne suffit pas pour la caractériser comme engrais. La houille, pour citer un exemple, renferme de l'azote en quantité très-appréciable, et cependant son action améliorante sur le sol est entièrement nulle; c'est que la houille résiste à l'action des agents atmosphériques qui déterminent cette fermentation putride, dont le résultat final est toujours une production de sels ammoniacaux, ou d'autres combinaisons azotées favorables au développement des plantes; la terre végétale elle-même renferme le plus souvent des principes azotés n'ayant pas les propriétés des engrais. Aussi, le dosage de l'azote d'une terre arable ne donne pas toujours la teneur des matières utiles à la végétation. On pourrait, par exemple, rencontrer tel sol tourbeux contenant quelques centièmes de ce principe et qui, néanmoins, resterait à peu près stérile, sans le secours du fumier. Tout en admettant l'importance, la nécessité absolue des substances azotées dans les engrais, il ne faut pas aller jusqu'à conclure que ces substances sont seules capables de fertiliser la terre.

Il est hors de doute que les sels alcalins ou terreux sont indispensables à l'accomplissement des phéno-

mènes de la végétation, et on est loin d'avoir suffisamment démontré que les principes organiques exempts d'azote y jouent un rôle entièrement passif. Mais, à bien peu d'exceptions près, les sels fixes, l'eau ou ses éléments, le carbone, surabondent dans les engrais ordinaires. L'élément le moins abondant, c'est l'azote : c'est celui, d'ailleurs, dont la dissipation a lieu le plus facilement; c'est réellement le principe dont il importe surtout de constater la présence ; car, dans certaines limites, sa proportion fixe la valeur comparative des engrais (1).

Parmi les sels, les phosphates ajoutent le plus à la qualité des fumiers, et, pour cette raison, il convient d'en tenir compte. J'ai d'ailleurs constaté par des analyses multipliées, une coïncidence des plus remarquables entre la proportion d'azote et celle de l'acide phosphorique; de sorte que, généralement, les matières organiques les plus azotées sont précisément les plus riches en phosphates.

Puisque c'est en se modifiant par la décomposition, par la putréfaction, que se développent, dans les composés quaternaires, les substances azotées favorables à la végétation, on comprend que, toutes choses égales d'ailleurs, un engrais complétement décomposable en produits solubles et gazéiformes, dans le cours d'une seule année, exercera par cela même tout son effet utile sur une première culture. Il en

(1) Payen et Boussingault, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. III, p. 65.

arrive tout autrement s'il se décompose avec plus de lenteur; son action sur une première récolte sera beaucoup moins sensible, mais elle durera pendant un temps plus long. Il y a des engrais qui agissent au moment même où ils sont introduits dans le sol; il en est d'autres dont l'action persiste durant plusieurs années. Cependant, tout en agissant dans des limites aussi différentes, ils produiront finalement le même résultat, s'ils contiennent chacun la même dose de principes azotés assimilables, s'ils ont la même valeur.

La durée de l'action des engrais doit être prise en sérieuse considération : elle dépend de la cohésion, de l'insolubilité, du climat, de la nature du terrain. L'état de la science ne permet pas de prévoir avec une précision suffisante quelle sera cette durée, mais elle indique les moyens à mettre en usage pour hâter la décomposition des matières fertilisantes, ou pour la retarder et la proportionner aux exigences, aux besoins des plantes.

Convaincus de l'importance du rôle de l'azote dans les engrais, nous avons entrepris, M. Payen et moi, une longue série d'analyses, dans le but de déterminer les proportions de ce principe dans les nombreuses matières employées à l'amélioration du sol. Ce travail nous a fourni les moyens d'établir les *équivalents* des matières soumises à cet examen comparatif, en les rapportant au fumier de ferme, que nous considérons comme l'engrais normal. J'exposerai plus tard le résultat de nos recherches, mais je crois, dès à

présent, devoir présenter quelques observations particulières sur les diverses matières examinées.

Pailles, fanes et tiges ligneuses, feuilles des arbres, herbes nuisibles. — Les pailles des céréales, les tiges ou les fanes de quelques plantes de la grande culture ; les feuilles ramassées dans les forêts, les mauvaises herbes, contribuent à augmenter la masse des engrais. Les pailles sont généralement employées comme litières : leur conformation creuse et tubulaire, en leur permettant de s'imbiber de liquide, les rend précieuses sous ce rapport ; elles procurent d'ailleurs aux animaux un coucher doux, en même temps qu'elles les préservent du froid. La paille sèche peut doubler son poids, en absorbant les urines et les déjections. Considérée isolément, elle est déjà par sa nature même un engrais qui n'est pas à négliger, puisqu'elle renferme de 2 à 6 millièmes d'azote et des phosphates en proportion.

Les fanes de légumineuses sont beaucoup plus azotées que les pailles de céréales : le mieux est certainement de les faire consommer comme aliment, quand elles ne sont pas trop ligneuses et trop coriaces. Comme litière, elles ont souvent l'inconvénient de présenter un mauvais coucher au bétail : aussi convient-il de ne pas les employer seules. Les fanes utilisées de la sorte offrent un double avantage ; elles ajoutent aux engrais une forte proportion de principes azotés, des sels utiles, et en outre elles permettent d'économiser la paille : c'est ainsi qu'à Bechelbronn nous avions trouvé très-profitable de faire entrer, pour

une certaine quantité, les tiges sèches de madia sativa dans la litière des étables et des écuries.

Dans les pays de forêts, les feuilles d'arbres sont presque toujours utilisées en litière : elles absorbent sans doute moins d'urine que la paille ; mais comme elles sont beaucoup plus azotées, elles ajoutent à la qualité des fumiers. Il est à désirer que les matières placées sous le bétail, pour en recevoir les excrétions, soient capables de s'imbiber d'une forte dose de liquides ; et, comme engrais, ces mêmes matières sont d'autant plus avantageuses qu'il entre dans leur constitution une plus forte proportion d'azote et de phosphates. Les feuilles satisfont à ces deux conditions : aussi sont-elles d'une immense ressource dans les localités où il est possible de s'en procurer en abondance. Dans les pays où les forêts sont mises en conservation, l'administration s'oppose ordinairement à l'enlèvement des feuilles ; il est hors de doute qu'il est nuisible d'en priver le sol des jeunes taillis ; pour les hautes futaies, l'inconvénient est moindre : aussi l'enlèvement est-il généralement permis dans certaines limites. D'ailleurs, par l'effet des circonstances naturelles, une grande partie des feuilles est distraite du sol de la forêt : le vent les chasse et les accumule dans les ravins, d'où elles sont ensuite entraînées par les eaux. Mieux vaut donc que les pauvres cultivateurs en profitent, et le bénéfice qu'ils en retirent leur paraît d'autant plus considérable, qu'ils comptent pour rien la peine qu'ils se donnent et le temps qu'ils mettent à les ramasser.

Les fanes des plantes à cosses, les tiges très-ligneuses, ont, comme litière, d'assez graves inconvénients ; elles sont assez rigides pour gêner les animaux ; leur épiderme coriace est un obstacle à l'imbibition des urines. On a proposé de les broyer sous la meule, de les couper : ce sont là des opérations dispendieuses ; le mieux, du moins sous le rapport économique, est de les faire écraser sous les roues des voitures de la ferme. L'emploi de toutes les matières ligneuses amènerait sans aucun doute une économie notable dans la dépense de la paille consommée dans les étables; car on ne doit point oublier qu'économiser la paille de litière dans un domaine, c'est augmenter le fourrage. Si, par exemple, il était possible de traiter les tiges ligneuses de topinambours, de manière à pouvoir les employer en litière, les avantages seraient déjà très-satisfaisants; la quantité de tiges séchées qu'on recueille sur un hectare s'élève à plusieurs milliers de kilogram.; la moelle dont elles sont presque entièrement formées est, par sa nature spongieuse, très-propre à prendre du liquide; elles sont légères, et remplaceraient probablement un poids de paille égal au leur. Ordinairement, ces tiges servent à chauffer le four ; mais les profits qu'elles présenteraient, si l'on pouvait les substituer en partie à la paille de litière, seraient incomparablement plus grands. On parvient à désagréger les tiges de topinambours en les plaçant au fond de la fosse au fumier. En effet, tous les débris ligneux des végétaux se décomposent assez rapidement, lorsqu'ils sont mouillés par les déjections

des animaux ; l'humidité seule est insuffisante, et la désagrégation devient alors d'une lenteur désespérante. Les parties vertes des plantes, quand elles sont enfouies dans le sol avec l'eau qu'elles contiennent, s'altèrent assez rapidement ; aussi la méthode à suivre pour les utiliser comme engrais est-elle de les enterrer ; mais il est des cas où leur enfouissement ne saurait s'exécuter, d'abord à cause de la saison, et ensuite parce qu'il serait quelquefois imprudent de rendre directement à la terre des herbes nuisibles qu'on lui a arrachées, surtout lorsqu'elles recèlent encore des semences qui les feraient apparaître de nouveau ; il est d'ailleurs souvent impraticable de conduire ces herbes au domaine ; ce qu'il y a de mieux à faire, est de les transformer rapidement en engrais dans le voisinage même des champs.

Dans ce but, on à recours à la chaux : on établit d'abord un lit d'environ 35 centimètres avec les herbes qu'il s'agit de détruire ; on le recouvre d'une mince couche de chaux vive en poudre grossière (1 à 2 centimètres) ; l'on continue ainsi la superposition des couches d'herbes et de chaux. Après quelques heures de contact, l'action commence : elle peut être assez intense pour causer l'inflammation ; c'est pour la prévenir qu'il faut s'empresser de recouvrir la masse avec de la terre ou du gazon, en comprimant de manière à apporter un obstacle à l'entrée de l'air. L'effet est ordinairement produit au bout de vingt-quatre heures (1). Toutefois,

(1) *Annales de l'Agriculture française*, t. XXIII, p. 80.

avant de se livrer à une semblable opération, il est prudent de faire un essai, afin d'établir son compte, Tout dépend du prix de la chaux et de celui de la main-d'œuvre : par exemple, dans les conditions où nous sommes placés, je doute que cette méthode soit avantageuse (1).

Engrais verts. — On doit comprendre sous cette dénomination les parties vertes des plantes obtenues par les récoltes de racines ou de tubercules, comme les fanes de pommes de terre et de carottes, les feuilles de betteraves et de navets; ce sont à la fois des engrais et des fourrages; c'est au cultivateur à décider, d'après sa position et ses ressources particulières, s'il doit les enterrer ou les faire passer par le corps du bétail. Le plus souvent il est de beaucoup préférable de les enfouir dans le sol aussitôt après la récolte; si ce sont des aliments médiocres, ce sont au contraire des engrais excellents, supérieurs en qualité au fumier de ferme. D'après les recherches que j'ai entreprises à ce sujet, les fanes de pommes de terre recueillies sur un hectare représentent environ 800 kilogrammes de ce fumier supposé sec; et

(1) Je n'ai pas pratiqué cette méthode, mais elle me paraît rationnelle. Je vois un inconvénient assez grave dans la difficulté de broyer des quantités un peu fortes de chaux caustique. Je présume qu'on pourrait simplement employer de la chaux vive concassée. Au reste, ce procédé paraît être la base de toutes les recettes annoncées pour fabriquer des engrais avec les végétaux sans le concours des matières animales. L'usage de la chaux, comme moyen de détruire les parties ligneuses des plantes et de les transformer en engrais, est fort ancien.

les feuilles de betteraves fournies par une semblable surface, valent plus de 2,600 kilogrammes du même engrais au même état de siccité (1). C'est dans les engrais verts qu'il convient de classer les plantes marines avec lesquelles on améliore le sol. Ces cryptogames sont fortement azotés, c'est ce qui explique les avantages que procure à la Bretagne l'immense quantité de *goëmon* récoltée sur ses côtes. Ces plantes sont employées, soit immédiatement après leur sortie de la mer, soit à demi desséchées, macérées, ou même torréfiées par une incinération partielle. Elles agissent à la fois, par la matière organique azotée qu'elles renferment, par les propriétés hydroscopiques qu'elles possèdent, et par les substances salines qu'elles contiennent.

Sous le nom de *goëmons*, les agriculteurs bretons utilisent depuis les temps les plus reculés diverses plantes de la famille des algues. On en fait un semblable usage en Écosse et en Irlande pour l'engrais des terres. En Bretagne, la récolte du goëmon se fait à des époques fixées par des ordonnances ; les premiers produits, ainsi que les débris arrachés par les flots, sont abandonnés aux pauvres. La récolte a lieu ensuite régulièrement, à l'aide d'espèces de râteaux tranchants. Les herbes marines coupées sur la roche, amoncelées en radeaux, ou chargées dans des gabares, sont conduites au rivage. Des gabariers font un

(1) Boussingault, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. II, p. 316.

commerce de goëmon dans le département de la Manche, aux îles Chansey, et sur toute la côte comprise depuis Genest jusqu'au delà du cap la Hogue. Sur les côtes du Calvados, on se livre à la même industrie.

Le goëmon, employé à l'état où il se trouve en sortant de la mer, est enfoui aussi frais que possible; quand les cultures demandent des engrais consommés, on le stratifie avec du fumier. Dans quelques circonstances, les herbes marines sont soumises à une incinération incomplète qui, détruisant une grande partie du tissu végétal, laisse cependant encore un produit azoté. Avant de brûler le goëmon, on l'expose à la pluie, pour le laver, puis on le sèche à l'air, en le retournant fréquemment. En cet état, il sert de combustible dans les localités où le bois est rare. On a signalé avec raison un avantage précieux présenté par cette matière; c'est celui d'être entièrement exempte de graines nuisibles (1).

Les plantes aquatiques sont aussi d'une certaine ressource comme engrais, elles se décomposent assez facilement. On détruit les roseaux qui causent souvent un grand embarras dans les étangs, en abaissant les eaux d'environ 40 centimètres; on coupe alors la plante, puis on les fait remonter : elles pénètrent alors dans l'intérieur des tiges et les font périr en très-peu de temps (2).

(1) Payen et Boussingault, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. III, p. 75.

(2) Schwertz, *Préceptes d'agriculture pratique*, p. 110.

Les récoltes que l'on enfouit en vert, pour améliorer le sol, rentrent également dans les engrais qui nous occupent. Cette méthode date de la plus haute antiquité. Elle était fort recommandée par les Romains, et elle est encore suivie en Italie. On cultive, dans ce but, le colza, la navette, le sarrasin ; on donne cependant la préférence aux légumineuses, aux féveroles, au lupin, plantes qui prélèvent le plus de principes fertilisants sur l'atmosphère : et il faut bien qu'il en soit ainsi, car autrement il serait impossible de se rendre raison de cette ancienne pratique. C'est là, au reste, l'effet utile de la jachère. Toute plante devient utile et favorable à la fertilité du sol, aussitôt après qu'elle a été enterrée par la charrue. Ce n'est pas le repos qui rend à la terre la fécondité qu'elle a perdue par suite des récoltes qu'elle a données, ce sont les plantes développées spontanément, qui y vivent, s'y multiplient, y mûrissent, y meurent et se reproduisent de nouveau ; procurant au sol, avec leurs dépouilles, la matière organique qu'elles ont formée, en assimilant les principes de l'air et de l'eau.

On peut ajouter à ces causes, les actions météorologiques s'exerçant sur les substances minérales contenues dans un sol divisé, ameubli par de fréquents labours. Par suite de certaines altérations, des éléments minéraux sont dégagés de leurs combinaisons. C'est ainsi qu'après une jachère prolongée, une plante trouvera dans le sol, de la potasse, de la silice soluble, qu'elle n'aurait pu y puiser avant. Sous le rapport de



la matière organique, la jachère enrichit la terre ; et si, sous celui de la matière minérale, elle n'ajoute rien, elle rend cependant assimilables des principes qui ne l'étaient pas.

Semences, tourteaux. — C'est dans la graine que se réunissent, à l'époque de la maturité, la plus grande partie des principes azotés de la plante, et je puis ajouter, les phosphates. Les graines sont, pour cette raison, des engrais fort riches, dont on tire un très-bon parti. En Toscane, la semence de lupin se vend comme engrais: elle contient 3 1/2 pour 100 d'azote ; on l'emploie après avoir détruit sa faculté germinative par l'ébullition dans l'eau ou par la torréfaction.

L'orge germée ayant servi à la fabrication de la bière est aussi utilisée comme engrais. Les touraillons qu'on en détache après la dessiccation sont dans un état de division qui permet de les répandre régulièrement. En Angleterre, on en met de 35 à 52 hectolitres par hectare, pour les céréales (1).

Le marc de raisin contient une forte proportion de matière azotée. La décomposition des pepins est lente, et, pour cette raison, le marc convient surtout à la fumure des vignes ; on le répand directement, ou après lui avoir fait subir une macération spontanée.

Les graines oléagineuses, après l'extraction de l'huile, laissent un résidu connu sous le nom de tourteaux ou de marc. L'huile ne renferme pas sensi-

(1) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 443. Traduct.

blement de principes azotés : ces principes résident en entier dans les tourteaux ; ce sont, par cela même, d'excellents engrais. La proportion d'azote y varie de 3 à 9 pour 100 ; en outre, comme provenant d'une semence, ils renferment une quantité notable de phosphates. En raison de leur origine, les marcs de graines oléagineuses ne contiennent que fort peu d'humidité, et présentent, sous ce rapport, de grandes facilités pour les transports ; on les porte là où les chargements de fumier ordinaire ne pourraient pas arriver.

On applique les tourteaux de deux manières : 1° en poudre, en les semant sur le champ, mélangés quelquefois avec la graine ; 2° délayés dans l'eau ou dans des eaux de fumier. Par leur putréfaction sous l'eau, les marcs donnent une matière extrêmement fétide, en tout comparable, par son odeur et ses effets sur la végétation, aux excréments humains qu'on retire des latrines.

Bien que les tourteaux, par la forte proportion d'albumine ou de légumine qu'ils renferment, soient très-convenables à la nourriture du bétail, on trouve cependant plus avantageux, dans plusieurs contrées, de les faire servir immédiatement à l'engrais des terres. L'Angleterre en reçoit de toutes les parties du continent, et la France seule en a exporté, de 1836 à 1840 inclusivement, plus de 120 millions de kilogrammes (1). C'est surtout pour les terrains légers,

(1) Leroy de Béthune, *Rapport au conseil général d'agriculture*,

sablonneux, qu'on en recommande l'usage ; mais je puis affirmer, d'après mon expérience, que cet engrais pulvérisé agit très-favorablement dans les terres les plus argileuses. Schwertz conseille d'ajouter une partie de poudre de chaux à 6 parties de poudre de tourteaux, lorsqu'il s'agit de fumer un sol argileux et froid (1). L'intervention de la chaux caustique me semble toujours un mauvais auxiliaire de matières qui, comme les résidus des graines huileuses, passent promptement à l'état ammoniacal.

La poudre de tourteau est donnée au sol à des époques très-différentes, selon les besoins de la culture. Il est convenable de l'appliquer par un temps pluvieux. L'effet en est certain s'il vient à pleuvoir deux ou trois semaines après son introduction ; la sécheresse arrête son action ; il arrive souvent que la sole n'en éprouve aucune amélioration; mais l'effet ne manque jamais de se faire sentir sur les récoltes suivantes. Schwertz observe judicieusement qu'à cause de cette circonstance, beaucoup de cultivateurs ont méconnu les avantages que présente réellement cet engrais (2). Effectivement, le tourteau, selon l'état plus ou moins humide de la saison, peut se comporter comme une matière de difficile décomposition, comme un engrais lent dans

---

Journal d'agriculture pratique, t. V, p. 364. Dans ce chiffre se trouve compris celui des tourteaux provenant des graines oléagineuses importées en France.

(1) Schwertz, *Préceptes d'agriculture pratique*, p. 120.

(2) Schwertz, *Préceptes d'agriculture pratique*, p. 122.

son action ; si, au contraire, l'humidité vient en aide, il agira comme un engrais des plus actifs, dont l'effet est instantané.

En Angleterre, on met environ 1,000 kilog. de tourteau par hectare. A Holkam, M. Coke l'enterre à la charrue, six semaines avant la semaille des turneps ; cependant, on considère comme plus économique et plus avantageux de le répandre en poudre fine, en ligne et avec la semence (1).

Duhamel, et après lui M. Vilmorin, mentionnent des faits tendant à faire croire qu'il est prudent d'appliquer le tourteau dix à douze jours avant de semer le grain (2). En Flandre, on en emploie 7 à 8 quintaux métriques par hectare sur les céréales, et on le répand avant l'hiver sur les grains levés.

Pulpes, résidus des féculeries.—Dans la fabrication du sucre de betteraves, la pulpe, fortement exprimée, est considérée comme un aliment ayant à peu près la valeur de la racine elle-même. Néanmoins, il arrive fréquemment que la production de cette matière dépasse les besoins de la consommation ; et comme elle est d'une conservation difficile, elle passe aux engrais.

Les écumes et dépôts des défécations provenant de la même fabrication, renferment la matière albumineuse combinée à la chaux : l'analyse a indiqué 0,005 d'azote ; c'est, à fort peu de chose près, la

---

(1) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 444.
(2) Duhamel, *Éléments d'agriculture*, p. 204.

proportion que l'on rencontre dans plusieurs fumiers de ferme humides.

Le noir animal des raffineries est le charbon d'os résultant de la clarification ou de la décoloration du sucre. Desséché, ce produit contient 20 à 30 pour 100 d'albumine.

On clarifie ordinairement 100 kil. de sucre en introduisant dans la chaudière 2 litres de sang, et 3 à 4 kil. de noir d'os. La coagulation une fois opérée, la liqueur est versée sur un blanchet, et le dépôt lavé. C'est ce dépôt qui constitue le noir résidu des raffineries. Dans certains cas, le noir, avant d'être rejeté, sert à une seconde clarification ; il retient alors une plus forte proportion de sang coagulé ; comme il devient spongieux, il est impossible de le laver ; aussi on ne l'emploie plus à la décoloration des sirops ; mais comme engrais, il a gagné en qualité. Il y a là réunion de deux principes essentiellement favorables au développement des plantes : une matière azotée putrescible et un phosphate. Ce résidu des raffineries, si riche en matières fertilisantes, a été jeté aux décharges publiques jusqu'en 1820, époque à laquelle M. Favre, à Nantes, et M. Payen, à Paris, firent connaître tout le parti qu'on pouvait en tirer. Ce fut un bien grand service rendu à l'agriculture ; car, depuis lors, des quantités considérables de noir ont concouru à l'amélioration du sol. On peut juger de l'importance agricole de ce produit par les débouchés qu'il trouve dans l'ouest de la France. De 1840 à 1846, il est entré dans le port de

Nantes plus d'un million de quintaux de noir des raffineries, c'est-à-dire en moyenne 167,000 quintaux par année (1). L'application de cet engrais a été si rapide que le prix de l'hectolitre (95 kil.), qui était d'abord de 2 fr., s'est élevé et maintenu à 12 ou 14 fr. Cet accroissement de valeur ne tarda pas à provoquer des falsifications d'autant plus faciles que toute substance pulvérulente de couleur noire convient à ce genre de fraude. Aussi emploie-t-on dans ce but du poussier de charbon de bois, de la tourbe en nature ou carbonisée, de la houille, du calcaire noir, du schiste argileux, du terreau, etc. On aura une idée de l'extension qu'a prise la falsification, quand on saura que dans la Loire-Inférieure, dans les bonnes années, on incorpore aux engrais 600,000 hectolitres de tourbe. Ces mélanges sont quelquefois opérés avec une telle habileté que l'altération devient très-difficile à constater. Une analyse, ou plutôt un dosage du phosphate de chaux et une détermination d'azote, me paraissent le meilleur moyen d'assigner la qualité d'un noir des raffineries; il va sans dire que l'expert devra prendre, pour terme de comparaison, des produits de provenances non suspectes. La présence, en forte proportion, du phosphate dans un *noir* est une garantie de pureté que ne donnerait pas, seul, le dosage de l'azote, par la raison qu'il est aisé d'incorporer à des principes azotés des matières minérales inertes.

(1) Moride et Bobierre, *Etudes chimiques sur les engrais*. Manuscrit.

Les noirs non falsifiés, renfermant une forte proportion de sang coagulé, agissent le plus efficacement. Toutefois, cette proportion doit avoir une limite; car les meilleurs renferment, sur 100 kil., 2 kil. 5 d'azote, appartenant à 15 kil. de sang sec; et il faut bien reconnaître que 100 kil. de noir des raffineries agissent sur le sol bien plus favorablement que ne font 15 kil. de sang desséché. La partie minérale, le phosphate, intervient sans aucun doute; mais on assure que le noir d'os neuf ne donne pas, à beaucoup près, les résultats qu'on est en droit de lui attribuer quand il est associé au sang. De sorte que, comme engrais, l'équivalent pratique du noir des raffineries est bien supérieur à celui qui ressort de la proportion d'azote. On n'a pas, que je sache, expliqué d'une manière satisfaisante la cause qui fait que le charbon d'os, associé à une certaine quantité de matière animale, produit un effet fertilisant supérieur à la somme des deux effets attribuables, d'une part, au phosphate, et, de l'autre, au sang; toutefois, je ferai remarquer qu'on manque d'observations comparatives établissant avec quelque précision l'action fertilisante de chacun des éléments associés. On a dit que si le *noir résidu* est plus actif que le sang qui s'y trouve, cela provient de ce que les produits putrides, formés aux dépens de la matière animale, comme le carbonate, le lactate, l'acétate d'ammoniaque, sont retenus, condensés dans les pores du charbon, d'où ils ne s'échappent que lentement, au fur et à mesure des besoins de la plante; qu'on sup-

prime le charbon, et les produits volatils de la putréfaction du sang se dissiperont en quelque sorte instantanément. On constaterait la valeur de cette explication en fumant une sole avec du noir animal saturé des sels d'ammoniaque dont il vient d'être question.

MM. Moride et Bobierre voient, dans la circonstance de l'association du phosphate de chaux et de la matière animale, la cause de la propriété éminemment fertilisante du noir des raffineries, parce qu'une assimilation abondante d'éléments azotés par une plante exige une assimilation correspondante de phosphate. J'ai dit précédemment que, dans les substances azotées du règne végétal, il y a une corrélation évidente entre la proportion de l'azote et celle de l'acide phosphorique. Le fait est que l'addition d'une matière azotée putrescible ajoute considérablement à la qualité du noir animal : la preuve, c'est que le noir neuf, le noir non imbibé de sang, n'agit pas, à beaucoup près, avec l'énergie qu'il possède après avoir servi à la clarification du sucre.

Pour apprécier la quantité de matière animale absorbée par le charbon d'os, MM. Moride et Bobierre ont analysé ce charbon avant et après son application au raffinage. Comme on devait le prévoir, l'analyse a montré que la matière organique augmente dans le charbon à mesure que le phosphate diminue. Cependant il est hors de doute que le charbon *animalisé*, quoique proportionnellement moins riche en phosphate, est, comme engrais, bien supérieur au charbon neuf. C'est que dans les os carbonisés, le phosphate

de chaux est le principe dominant; pour ce motif, il y a avantage à leur associer une matière azotée putrescible. Par une raison analogue, si, comme engrais, on n'avait à sa disposition que du sang, on ajouterait considérablement à son efficacité en y incorporant du phosphate calcaire. C'est ainsi que la gélatine et le phosphate de chaux qui, par leur réunion, constituent les os, n'ont, appliqués isolément dans le sol, qu'un effet spécial et limité, tandis que les os, en possession du principe azoté et du principe phosphaté, sont un engrais extrêmement puissant. Le noir neuf peut être comparé au phosphate calcaire des os; le noir de clarification, à ce même phosphate auquel on aurait restitué une partie de la gélatine ; et le charbon des raffineries a peut-être sur les os quelques avantages dépendants d'une porosité qui le rend plus accessible aux influences atmosphériques, plus facilement attaquable par l'eau chargée d'acide carbonique ; car on doit concevoir chaque molécule du sel calcaire, séparée par une molécule de carbone; cet état de division facilite nécessairement la dissolution du phosphate.

On emploie le noir des raffineries à raison de trois à six hectolitres par hectare ; il est avantageux de le répandre, après l'avoir mêlé avec deux fois son volume de terre passée au crible. Ce mode d'application ne saurait être trop recommandé lorsqu'il s'agit d'engrais pulvérulents. D'après le poids de l'hectolitre, on voit que, pour un hectare, la dose varie de 285 kil. à 570 kil.; et, comme le noir, à l'état

où il est livré par le commerce, renferme à peu près 37 pour 100 d'humidité, ces quantités répondent à 180 et 360 kil. de matière sèche. Prenant comme moyenne 270 kil., on trouve, d'après la composition du noir des raffineries, qu'un hectare de terre reçoit 162 kil. de phosphate de chaux, et 6 kil. d'azote représentent 33 kil. de sang desséché.

Les noirs résidus des raffineries portent ordinairement le nom de leur provenance, et on les classe d'après le volume de leur grain en :

Noir gros grain,

Noir grain,

Noir fin (1).

Le noir gros grain est en fragments de la grosseur d'une noisette; il ne contient qu'une très-faible proportion de matière organique, comme tous les noirs qui ont été employés à la décoloration; on les tire généralement de la Russie et des États-Unis; ce noir est très-convenable pour être mélangé avec des matières fécales, après avoir été broyé.

Le noir grain n'est pas très-répandu comme engrais, par la raison que, le plus souvent, il est revivifié, c'est-à-dire qu'après l'avoir fait servir dans la raffinerie, on le calcine pour détruire la matière organique qu'il a acquise. En Bretagne, en Normandie, ce noir est particulièrement destiné aux céréales. Comme le gros grain, le noir grain, pour produire de bons effets, doit être additionné de matières azotées.

(1) Moride et Bobierre. Manuscrit.

Le noir fin est le noir des raffineries le plus efficace comme engrais, parce que, ayant servi à la clarification, il est additionné de l'albumine du sang; en outre, son état de division facilite nécessairement l'action des agents qui le rendent assimilable.

TABLEAU.

COMPOSITION DU NOIR ANIMAL,

AVANT ET APRÈS SON EMPLOI DANS LA CLARIFICATION.

	AZOTE POUR 100.	CHARBON et MATIÈRE ORGAN.	PHOSPHATE de CHAUX.	CARBONATE de CHAUX.	SELS SOLUBLES.	SILICE.	ALUMINE et OXYDE DE FER	MAGNÉSIE et PERTE.
Noir fin neuf............	1,12	11,6	73,1	8,0	1,0	2,7	0,7	2,9
— ayant servi une fois...	1,95	21,1	64,6	6,4	1,6	5,1	0,7	0,5
Noir fin neuf............	1,22	11,3	72,2	5,3	1,7	4,5	1,0	4,0
— ayant servi une fois...	2,83	32,0	53,7	4,9	1,5	4,5	1,4	2,0
— ayant servi deux fois...	3,59	42,2	46,0	3,3	1,4	5,2	1,0	0,9
Noir fin neuf............	1,61	11,0	75,6	7,0	1,6	3,5	0,8	7,5
— ayant servi une fois...	2,54	36,2	52,6	10,0	3,8	4,5	0,8	1,0
— ayant servi deux fois...	3,18	42,5	47,3	4,5	0,8	4,2	0,5	0,5

Les matières azotées et le phosphate de chaux

étant évidemment les principes fertilisants des noirs résidus des raffineries, on a cherché à confectionner des composts capables de remplacer ces produits. C'est ainsi que M. Démolon prépare, dans le département du Finistère, un engrais qu'il nomme *zoofime*, en unissant des madrépores, de la chair de cheval desséchée, de la chair de poisson à une certaine dose de noir des raffineries.

Un échantillon de *zoofime*, analysé par MM. Moride et Bobierre contenait (1) :

Matières organiques..........	26,6	Azote. 2,67
Sels solubles.................	0,3	
Phosphate de chaux...........	20,4	
Carbonate de chaux...........	40,4	
Oxyde de fer ; alumine........	0,3	
Silice........................	7,0	
Magnésie et perte.............	4,5	
	100,0	

Les résidus des raffineries ont présenté dans leurs effets une anomalie consistant en ce que ces engrais, appliqués peu de temps après leur sortie des fabriques, ont été nuisibles à la végétation, tandis que, conservés en tas pendant un mois ou deux avant d'être employés, ils ont toujours agi favorablement.

L'anomalie est, au reste, facile à expliquer : le sucre contenu dans les résidus des raffineries donne, par la fermentation, de l'alcool, puis des acides acétique et lactique. Appliqués dans ces conditions, les résidus, en raison de leur acidité, doivent nécessaire-

(1) Moride et Bobierre, *Mémoire sur les engrais.*

ment nuire au développement des plantes. Il n'en est plus ainsi, lorsque après une exposition suffisamment prolongée à l'air, la matière animale que le noir renferme a subi l'altération qui engendre de l'ammoniaque; il se forme alors non-seulement des acétates et des lactates de cette base, mais l'engrais accuse encore une réaction alcaline (1).

La pulpe de pomme de terre dont on a extrait l'amidon par le lavage, est un aliment utile, à la condition qu'on en aura exprimé l'excès d'eau. Il arrive quelquefois qu'à la fin de la saison du travail des féculeries, la pulpe, d'ailleurs d'assez mauvaise qualité vers cette époque, se trouve en concurrence avec les fourrages verts du printemps. Elle passe alors aux engrais.

Les eaux de lavage des amidonneries déposent, pendant leur séjour dans les bassins où elles sont réunies, des matières organiques insolubles. Ces matières, enlevées à la fin de la campagne, égouttées et séchées à l'air, constituent un engrais pulvérulent qu'un de nos agriculteurs les plus éclairés, M. Dailly, a utilisé. Les eaux au sein desquelles se déposent ces engrais servent très-efficacement à l'irrigation des cultures; circonstance d'autant plus heureuse qu'elles occasionnent, par leur putréfaction, de graves inconvénients pour les localités environnantes. M. Dailly est parvenu, en les employant à l'arrosage, à faire

(1) Payen et Boussingault, *Annales de Chimie et de Physique*, t. III, p. 95, 3e série.

disparaître l'incommodité résultant des fétides exhalaisons qu'elles répandent, et de plus il a réalisé avec les eaux de sa grande féculerie un bénéfice qu'il estime annuellement à 1,600 fr. (1).

Le marc de pommes à cidre abandonné à la fermentation spontanée est porté. sur les terres En Normandie, on le croit très-convenable pour améliorer les prairies et les jeunes plantations de pommiers (2). Un marc obtenu en Alsace, desséché à l'air, a donné à l'analyse une proportion d'azote peu différente de celle du fumier de ferme (3).

Sinclair rapporte que dans le Herefordshire, on convertit en bon engrais le marc des pommes et des poires en le mêlant avec de la chaux vive et en le retournant deux ou trois fois pendant l'été suivant (4). Il est possible que l'addition de la chaux accélère la décomposition de la matière ligneuse, mais le marc de pommes se décompose assez rapidement dans la terre sans qu'il soit nécessaire de chercher à en accélérer la décomposition.

Débris des animaux. Les débris des animaux, les matières provenant des abattoirs et des clos d'équarrissage sont très-recherchés comme engrais dans les localités où l'on sait apprécier leur valeur.

---

(1) Payen et Boussingault, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. III, p. 79.

(2) Leclerc-Thouin, *Maison rustique*, t. I, p. 90.

(3) Payen et Boussingault, *Annales de Chimie et de Physique*, t. VI, p. 449, 3e série.

(4) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 443. Traduct.

Tous les produits du dépeçage sont d'ailleurs utilisés par les équarrisseurs.

Il est fait pour la première fois mention de cette profession, dans un règlement du 28 juin 1404, disant : « *que les chirurgiens seraient tenus de porter le sang des personnes qu'ils auraient saignées, dans la rivière, hors de la ville et au-dessous de l'écorcherie aux chevaux qui est au-dessous du castel du Louvre.* » A peu près à la même époque, on défendit aux *tueurs et écorcheurs « d'écorcher dorénavant aucune bête dans leurs maisons, ou ailleurs dans la ville, mais seulement dans les écorcheries.* » Soit que cette ordonnance n'ait pas été exécutée ou que l'action de l'autorité se soit ralentie, l'emplacement assigné pour l'équarrissage n'existait plus cent cinquante ans après, et les écorcheurs exerçaient dans leurs propres demeures, situées non-seulement dans les faubourgs, mais dans l'intérieur même de Paris. C'est ce que prouve un arrêt du parlement, enregistré le 20 octobre 1563, leur enjoignant de sortir de la ville et des faubourgs et d'aller s'établir près de l'eau, en aval de la Seine. Dès 1645, la profession d'équarrisseur était assez lucrative pour que des spéculateurs aient obtenu un privilége à l'effet d'enlever et d'écorcher les animaux morts. On croit que c'est à partir de cette époque que les équarrisseurs prirent possession de Montfaucon, car il leur est ordonné de mettre les animaux morts dans *les fosses, aux écus de Biron, sises à Montfaucon, destinées à cet usage.* Cependant la plupart restèrent dans la rue du Pont-aux-Biches, cen-

tre, pendant plusieurs siècles, de toutes les professions dégoûtantes. Les habitants de ce quartier nourrissaient plus de trois cents chiens, et il leur arrivait fréquemment d'écorcher chez eux les chevaux qu'ils avaient volés.

Diverses ordonnances antérieures à 1780 établissent qu'on vendait la chair de cheval comme viande de boucherie; aussi, l'autorité chercha-t-elle à plusieurs reprises à en prohiber l'usage. Ce commerce s'est reproduit assez fréquemment. Ainsi, durant la disette dont la France fut affligée lors de la révolution, on a constaté que, pendant six mois, une partie de la viande consommée dans la capitale provenait de chevaux abattus dans les clos d'équarrissage.

En 1811, époque à laquelle la cherté des vivres, la rareté du travail obligeaient les malheureux à recourir à tous les moyens pour assurer à leur subsistance, on rechercha de nouveau la chair de cheval. La police en saisit des quantités considérables chez plusieurs des gargotiers établis dans les quartiers habités par les indigents (1).

On tue ordinairement le cheval en plongeant un couteau dans la direction de la crosse de l'aorte. On enlève immédiatement la peau et la chair; la carcasse est conduite au lieu de dépôt. La peau est livrée aux tanneries. Un cheval perd 15 à 20 kilogrammes de sang.

On estime à 35 par jour, ou à 12,775 par an, le

(1) Rapport au préfet de police, par MM. Huzard, Rohault, Damoiseau, Tarton et Parent-Duchâtelet, secrétaire.

nombre de chevaux tués dans les équarrissages des environs de Paris ; on voit arriver ces animaux par files de douze à quinze, attachés l'un à l'autre, exténués par la faim et pouvant à peine se soutenir. On commence par leur couper la crinière et les crins de la queue. C'est surtout à l'entrée de l'hiver que l'affluence est grande, parce que c'est alors que les cultivateurs se défont d'attelages épuisés par les travaux de l'été. Un cheval est payé de 10 à 15 francs.

Les issues, telles que la cervelle, la langue, les poumons, le cœur, le foie, sont vendues, sur place, aux cultivateurs, à raison de 6 francs la voiture attelée de deux chevaux, chargeant à peu près 2,500 kilogrammes. Les intestins grêles sont réservés pour les boyaudiers.

Les tendons, desséchés, sont achetés par les fabricants de colle forte. On en expédie des quantités considérables à l'étranger. Après la peau et les tendons, la graisse est la partie du cheval dont l'équarrisseur retire le plus de profit. Les ouvriers montrent la plus grande adresse dans la recherche de cette matière, en dissèquant les muscles avec l'habileté d'un anatomiste. Ils mettent huit à dix heures pour dépecer un cheval gras, tandis que le dépeçage d'un cheval maigre s'exécute en moins d'une heure.

Il y a dans chaque clos d'équarrissage un *fondoir*. Le tissu adipeux est coupé en morceaux de la grosseur d'une noisette, avant d'être soumis à la fonte. La chaudière est chauffée avec des os séchés par quelques jours d'exposition à l'air. On enlève, à l'aide

d'une écumoire, les lambeaux de tissu cellulaire que l'on jette dans le foyer. La graisse fondue est versée dans des barils où, par le refroidissement, elle prend la consistance d'une pâte molle. Il est quelques chevaux dont on retire 40 litres de graisse ; les plus maigres en donnent 4 à 5 litres.

Les sabots et les fers qui les garnissent sont encore des produits assez importants. Les fers passent à la ferraille. Les ouvriers en corne développent les sabots en feuilles, qu'on emploie pour fabriquer les peignes les plus grossiers. Les débris de corne vont aux manufactures de sel ammoniac et de bleu de Prusse.

Les os plats, longs et suffisamment durs, ont toujours été recherchés par les couteliers, les tabletiers, les éventaillistes ; mais les carcasses, les os ronds sont restés pendant fort longtemps une cause d'embarras sérieux pour l'équarrisseur ; on ne savait où les porter. Il y a à peine un siècle, on en construisait encore, dans Paris même, des murs de clôture, en les cimentant avec de la terre préalablement détrempée. Ces constructions, à la fois solides et légères, étaient fort communes dans le faubourg Saint-Marceau, dans le faubourg du Temple, en un mot, dans tous les lieux peu éloignés des clos d'équarrissage. Malgré ce singulier emploi, les ossements laissés sur la voie publique présentaient un spectacle repoussant. On ne s'en débarrassait qu'en les brûlant ; opération qui répandait dans Paris l'odeur la plus infecte. Ces inconvénients persistèrent jusqu'à l'époque, encore peu éloignée, où l'on découvrit le moyen d'en fa-

briquer de l'ammoniaque et du charbon animal.

Le squelette humide d'un cheval de taille moyenne pèse 50 kilogrammes, et 25 kilogrammes seulement, après la dessiccation à l'air.

Si l'on abat annuellement, dans le voisinage immédiat de la ville, 13,000 chevaux, on doit en retirer à peu près 325,000 kilogrammes d'os secs.

Voici la valeur que l'on donnait, en 1826, aux divers produits de l'équarrissage du cheval :

La peau............	10 à 15 fr.	» c.	la pièce.
Le crin............	2	»	le kilogr.
La viande fraîche....	0	30	—
Les tendons........	0	60	—
La graisse..........	1	20	—
Les intestins........	»	»	—
Les sabots..........	0	60	—
Les os.............	0	04	—

Asticots. — Les larves, connues sous le nom d'asticots, si recherchées des pêcheurs à la ligne, sont encore un produit de l'équarrissage. Les asticots proviennent de plusieurs espèces de mouches qui pondent leurs œufs, ou déposent leur larve toute formée, sur la chair de cheval. Pour attirer les mouches, on étale sur le sol une couche d'intestins de quelques centimètres d'épaisseur, et recouverte d'un peu de paille pour la garantir des ardeurs du soleil ; au bout de quelques jours les matières animales sont remplacées par une masse mouvante formée de myriades de larves, s'agitant, grouillant au milieu d'une espèce de terreau. Après avoir séparé les détritus, les vers sont enlevés à la pelle ; on les vend à la mesure.

Il se fait une consommation considérable de ces larves, puisqu'on en récolte, sans interruption, pendant toute la durée des chaleurs. Les asticots servent à la nourriture des faisans, des jeunes oiseaux et des volailles.

La chair musculaire que l'on n'emploie pas à la nourriture des animaux, est desséchée, après une coction préalable, puis réduite en poudre et appliquée comme engrais.

La méthode substituée depuis quelques années au dépeçage consiste à faire bouillir dans une chaudière, avec de l'eau, les animaux morts. L'opération terminée, on trouve trois zones distinctes dans la chaudière. D'abord, à la surface, une couche de graisse; ensuite un liquide gélatineux, et enfin la chair cuite, qu'il est facile de séparer des os. A l'abattoir d'Aubervillers, dans les environs de Paris, l'opération s'exécute maintenant à l'aide de la vapeur produite sous une pression de 10 à 15 centimètres. Trente à quarante chevaux dépecés par quartiers, sont portés dans une chambre construite en bois et munie, à la partie supérieure et latéralement, de portes en fonte fermant à l'aide de vis. Un générateur fournit la vapeur; la graisse se sépare, et la viande perd, par l'action de l'eau, la plus grande partie de ses sels.

La viande de cheval séchée à l'air, telle qu'on la prépare à Aubervillers, contient, suivant M. Soubeiran :

Matière animale........	84,8
Phosphate de chaux....	2,4
Matière terreuse........	2,8
Eau..................	10,0
	100,0

La chair analysée renfermait 13,23 pour 100 d'azote.

Le sang des animaux abattus convient moins à la nourriture des porcs que la chair musculaire; il paraît même leur causer des maladies graves. Sa préparation comme engrais est des plus faciles quand on n'opère pas sur de grandes masses : il suffit de le faire coaguler d'abord par l'ébullition, pour le faire sécher ensuite à l'air ou dans des étuves.

M. Bonnet, adjudicataire du sang des abattoirs de Paris, a substitué à l'action de la chaleur, l'action de l'acide sulfurique pour opérer la coagulation. La dessiccation du sang coagulé par ce moyen, n'offre aucune difficulté; mais on peut se demander si l'acide uni à l'albumine ne s'oppose pas à la putréfaction que doivent subir toutes les matières azotées pour agir comme matières fertilisantes. Si la décomposition putride du sang coagulé par ce procédé n'était que ralentie, il y aurait un avantage incontestable dans l'application de la nouvelle méthode. C'est à l'expérience à prononcer.

A Aubervillers, le sang provenant de l'abattage des chevaux, réuni dans des cuves, est coagulé par un jet de vapeur, après on le dessèche; il contient alors 15 pour 100 d'azote.

M. Soubeiran lui assigne pour composition :

Matière animale........	78,0
Phosphate de chaux.....	0,3
Sels et matières terreuses.	4,7
Eau..................	17,0
	100,0

On pourrait employer comme engrais le sang liquide, mais la décomposition a lieu avec une telle rapidité, que les produits s'exhalent sans produire beaucoup d'effet. On peut remédier par deux moyens à cet inconvénient : 1° en étendant le sang dans une grande masse d'eau que l'on fait servir à l'irrigation; 2° en faisant absorber le sang par de la terre végétale que l'on répand ensuite sur les terres.

On prépare dans des établissements spéciaux, situés près des grandes villes, des engrais pulvérulents dont le sang desséché forme la base. La richesse en azote de ces engrais, la présence des phosphates expliquent comment ils ont une valeur assez grande pour être transportés jusqu'aux colonies.

Les os sont formés de sels terreux, principalement de phosphate de chaux, et d'un tissu organique cartilagineux. Le rapport existant entre la substance organique et la matière terreuse varie avec l'âge des animaux.

Berzélius a trouvé dans les os :

	De l'homme.	Du bœuf.
Cartilage soluble dans l'eau bouillante	33,3	33,3
Phosphate de chaux	53,0	57,4
Carbonate de chaux	11,3	3,8
Phosphate de magnésie	1,2	2,0
Sels alcalins	1,2	3,5
	100,0	100,0

Mes analyses établiraient pour la composition des os du porc séchés à l'air.

Cartilage et humidité	46,6
Phosphate de chaux	49,0
Phosphate de magnésie	2,0
Carbonate de chaux	1,9
Sels alcalins	0,5
	100,0

Dans les os de poissons, M. Chevreul a rencontré :

Cartilage soluble et humidité.	43,7
Phosphate de chaux	48,0
Carbonate de chaux	5,5
Phosphate de magnésie	2,2
Sels alcalins	0,6
	100,0

Les os destinés à l'agriculture sont ordinairement privés de la graisse ; à cet effet, on les fait bouillir dans l'eau après les avoir concassés ; ensuite on les broie grossièrement entre les dents de cylindres en fonte. A Thiers, département du Puy-de-Dôme, on moud les os qu'on n'emploie pas à la confection des manches de couteaux. On obtient ainsi, en quantité considérable, une poudre très-grossière, onctueuse ; desséchée à l'étuve, cette poudre a donné à l'analyse :

Matière animale......	44
Phosphate de chaux...	56
	100

En Angleterre, la poudre d'os est donnée aux céréales à la dose de 30 à 40 hectolitres par hectare. Mais il est évident que la dose dépend essentiellement de l'état de division auquel les os ont été réduits ; entiers ou même en gros fragments, ils ont peu d'action, parce que la matière animale qu'ils renferment se décompose avec lenteur, défendue qu'elle est par le tissu calcaire dans lequel elle se trouve enchâssée.

En fragments d'un volume de un à deux centimètres cubes, leur action met trois à quatre ans à s'épuiser. La pulvérisation du tissu osseux n'est pas exempte de difficultés ; aussi le prix de la poudre d'os est beaucoup plus élevé que celui des os livrés par les abattoirs. Diviser les os en poudre extrêmement ténue sans les appauvrir en matière animale est un problème dont la solution intéresse l'agriculture. On l'a résolu par un moyen chimique, en appliquant aux os en nature le procédé suivi dans les laboratoires pour la préparation du biphosphate de chaux.

Les proportions à employer pour traiter 100 kil. d'os frais sont :

Eau............	150 kil. ou 150 litres.
Acide sulfurique.	50

Quand on agit sur des os en poudre, on commence par humecter la matière placée dans des vases

de grès, de plomb, avec de l'eau, jusqu'à ce qu'elle ait la consistance d'une pâte liquide. C'est alors qu'on introduit l'acide sulfurique, peu à peu, et en agitant continuellement la masse avec un bâton dont l'extrémité est protégée par une lame de plomb. On obtient une bouillie très-liquide, d'une saveur acide mêlée d'un arrière-goût légèrement sucré. Vingt-quatre heures après, on délaye avec 1,000 litres d'eau, et l'on répand sur les champs.

On a attribué les effets du biphosphate de chaux sur les récoltes, à ce que le phosphate de chaux se trouve dissous par un excès d'acide, condition qui le rendrait plus facilement assimilable. Cette opinion ne saurait être soutenue un seul instant ; car le biphosphate, ou en général un phosphate dissous par un acide minéral, détruirait par son acidité même les organes des plantes avec lesquelles il serait en contact. Le fait est qu'immédiatement après son introduction dans le sol, le biphosphate perd son excès d'acide par le fait de la présence du calcaire. Il arrive même qu'avant de répandre la dissolution sur le champ, on la sature avec de la craie ou des cendres.

L'avantage que, selon moi, présente le traitement par l'acide sulfurique imaginé par le duc de Richemond, consiste en ce qu'il en résulte une division extrême, qu'on n'atteindrait par aucun moyen mécanique, et cela, tout en conservant à la substance osseuse, la totalité de sa matière animale. Toutefois, l'avantage du procédé chimique est singulièrement atténué, quand on l'applique à de la poudre

d'os. Aussi, dans ces dernières années, on a été conduit à préparer le biphosphate, en traitant les débris des équarrissages, des squelettes entiers de chevaux; non plus dans des vases, mais sur une aire concave, dans un bassin construit avec des pierres peu attaquables par l'acide sulfurique.

Un cultivateur du département de l'Allier, M. Dujonchay, facilite le broiement des os, en les desséchant fortement au four, de manière à leur faire perdre un cinquième de leur poids. Dans les établissements où l'on opère très en grand, la mouture s'opère par des cylindres cannelés, par des laminoirs exigeant une force de dix-huit à vingt chevaux-vapeur. Il faut ensuite prendre de nombreuses précautions pour prévenir la fermentation putride, si prompte à se développer dans les tas énormes de matière pulvérisée. M. Dujonchay, par la dessiccation préalable, échappe, dans sa fabrique, à tous ces inconvénients. Les os desséchés sont concassés au moyen de cylindres en fonte de 0m.,50 de longueur, sur 0m.,20 de diamètre, armés de dents d'acier. La pulvérisation s'achève sous des meules en pierre dure.

Les os employés comme engrais ont donné lieu à des observations contradictoires; dans quelques circonstances, leur effet a été à peu près nul. M. Payen a cherché à expliquer ces anomalies. Selon mon savant confrère, les os contiennent dans leurs parties celluleuses une substance grasse plus ou moins consistante, que l'on peut leur enlever en les faisant

bouillir dans l'eau; la quantité moyenne de graisse que l'on extrait des os de boucherie est d'environ 10 pour 100. On a remarqué que cette matière grasse diminue graduellement dans les os à mesure qu'ils se dessèchent. Elle disparaît presque complétement lorsque cette dessiccation a lieu à une température élevée. C'est que l'eau, dégagée du tissu osseux par l'effet de l'évaporation, est remplacée par la graisse liquéfiée par la chaleur. Il en résulte que le tissu organique, déjà difficilement attaquable par le fait de sa cohésion, devient encore moins altérable lorsqu'il est imprégné de graisse, et que cette graisse, en réagissant sur le carbonate calcaire du réseau osseux, a formé un savon de chaux résistant à toutes les influences atmosphériques. On comprend que les os parvenus à cet état ne devront exercer qu'une action à peu près nulle, à moins d'être réduits à un degré de ténuité extrême. Cela seul peut expliquer comment, après un séjour de quatre années dans la terre, ils n'ont perdu, ainsi qu'on l'a constaté, que 8 pour 100 de leur poids, tandis que ceux extraits tout récemment des animaux, et dont on a enlevé la graisse par l'eau bouillante, perdent dans le même espace de temps 25 à 30 pour 100 (1). Ces remarques montrent combien Schwertz s'est mépris en attribuant la mauvaise qualité de l'engrais fabriqué avec de vieux os, ou avec des os bouillis, à l'absence de la graisse, qu'il considérait, on ne sait sur quelle autorité, comme

(1) Payen, *Maison rustique*, t. I, p. 94.



une substance des plus utiles à la végétation (1). On ne comprend pas comment les corps gras agiraient comme engrais. J'ai d'ailleurs reconnu, dans des expériences faites il y a quelques années, pour vérifier des résultats annoncés par un cultivateur qui attribuait l'effet utile des tourteaux aux matières grasses, que l'huile de navette n'exerce aucune action favorable sur la culture du froment.

Marc de colle.—Après avoir traité par l'hydrate de chaux les rognures de peaux, les tendons, pour préparer la colle forte, il reste un résidu qui, lavé et pressé, renferme tout ce que n'a pas dissous l'eau bouillante, comme les substances tendineuses et cutanées, les poils, les débris d'os, de corne, de muscles, un savon calcaire et des matières terreuses. Ce mélange se putréfie rapidement; mais une fois desséché, il se conserve pendant longtemps. Le marc de colle analysé à l'état sec, a donné à peu près 4 pour 100 d'azote. On en met sur un hectare 500 à 600 kilog.; mais il faut fumer tous les ans.

Pain de creton.—C'est le marc des graisses de bœufs, de moutons, de veaux, traitées par les fondeurs de suif. Ce résidu, formé en grande partie des membranes du tissu adipeux, de la graisse dont elles restent imprégnées, d'un peu de sang, de muscles, d'os, a été jusque dans ces derniers temps presque exclusivement employé à la nourriture des chiens. On a commencé depuis peu à utiliser le pain de creton

(1) Schwertz, *Préceptes d'agriculture pratique*, p. 73.

comme engrais. Avant de le mettre sur les terres, on le divise avec une hache; quelquefois on le détrempe dans l'eau chaude. Son action sur le sol se prolonge pendant trois ou quatre années.

Chiffons de laine. — On les emploie dans plusieurs industries, et on en expédie aussi pour l'engrais des vignes et des oliviers. La décomposition très-lente de la laine la fait agir pendant six à huit ans. C'est, par la proportion d'azote qu'elle contient, par le peu d'eau de constitution, un des engrais les plus riches et les plus favorables aux transports. Un cultivateur de Seine-et-Marne, M. Delonchamps, s'est servi avec succès de ces chiffons. 3,000 kilog., dont le prix revient à 180 fr., suffisaient pour fumer un hectare pendant trois ans. La laine remplaçait ainsi 45,000 kilog. de fumier, qui, au prix de 70 cent. le quintal, auraient coûté 315 fr. Au bout de trois années, M. Delonchamps donnait à ses terres du fumier de ferme pour trois autres années, afin de les entretenir dans un état assez meuble; puis il revenait à la laine. Avant de distribuer les chiffons, il convient de les diviser; on y parvient à l'aide d'une faux implantée sur un billot, sous un angle de 45°.

En Angleterre, on met sur un hectare 1,600 kil. de chiffons de laine découpés en petits morceaux. Sinclair prétend qu'ils réussissent mieux sur les sols secs, sablonneux ou crayeux, par la raison qu'ils attirent l'humidité (1). Je n'ai pas remarqué qu'il en

(1) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 421.

soit ainsi. Dans le sol très-sec d'une vigne fumée avec de la laine, j'ai observé que les chiffons se décomposent très-lentement, et jusqu'à présent l'effet en a été très-peu sensible.

La râpure de corne agit avec une grande énergie. Elle convient à toute espèce de sols; en Angleterre on en donne 36 hectolitres par hectare.

Les tendons, les rognures de peaux, les crins, les plumes, les résidus de colle d'os, sont des engrais analogues au précédent, et dont la valeur fertilisante se déduit surtout de la proportion d'azote contenue dans chacun d'eux. Cette valeur une fois fixée, chaque cultivateur connait la dose de matière qu'il doit administrer à ses cultures, et cela d'une manière beaucoup plus rationnelle qu'en suivant des indications plus ou moins vagues. Ainsi, Sinclair veut que l'on enfouisse sur un hectare 8 hectolitres de débris de plume, et Schwertz en met sur la même surface quatre à cinq fois autant; rien n'est d'ailleurs aussi arbitraire que de doser au volume de semblables matières; on conçoit que le poids d'un hectolitre de rognures de peaux, de plumes, etc., doit différer considérablement, selon l'état de division des substances mesurées; en général, c'est toujours au poids qu'il convient de prescrire le dosage des engrais.

Coquilles, vases de mer et de rivière. — Ces matières sont peu azotées, cependant leur abondance, la facilité de s'en procurer de grandes masses, font qu'elles sont extrêmement utiles dans les localités peu distantes des sources qui les fournissent. Les sels alcalins et

terreux que ces matières contiennent ajoutent d'ailleurs à leur propriété fertilisante.

Les sables de mer les plus employés en Bretagne sont désignés sous les noms de *merl* et de *treaz* ou *tangue*.

Le maerl ou *merl*, appelé aussi sable de mer, sable vermiculaire, fond de corail, est composé, pour la plus grande partie, de concrétions calcaires renfermant quelques centièmes d'un tissu organique très-azoté. Il est mêlé de coquillages et de divers débris de madrépores. On le trouve en abondance dans la mer, à l'embouchure de la rivière de Morlaix, où il s'en fait une exploitation considérable. On assure qu'il s'y régénère, et de temps à autre on en découvre des bancs nouveaux.

On recueille le merl dans des gabares, à l'aide de dragues. L'extraction se fait du 15 mai au 15 octobre ; les quais de Morlaix en sont couverts en cette saison, et on le transporte jusqu'à cinq lieues dans l'intérieur des terres. Une gabarée pesant 7,000 kil., se vend de 8 à 10 fr. On tire maintenant du *merl* sur la côte de Plancourtrez. Dans la rade de Brest, on l'a découvert près de l'embouchure de la rivière de Quimper. Enfin il paraît que le sable de mer employé par les agriculteurs du Devonshire et du Cornwall est de même nature. Dans l'arrondissement de Morlaix, on en emploie 14,000 kilog. par hectare de terres légères et sèches, et 28,000 kilog. sur les sols argileux. On ne saurait douter que le *merl* n'agisse encore par sa matière calcaire sur les sols argileux de la

Bretagne, pour lesquels le sable seul est déjà un excellent amendement. C'est également au carbonate de chaux qu'il renferme, qu'il faut attribuer les bons effets qu'on a obtenus de son usage sur les terrains qui présentent des efflorescences de pyrite de fer. Il est convenable de le porter sur les terres, peu de temps après sa sortie de la mer; par une exposition prolongée à l'air, il se désagrége et perd une partie de ses qualités.

Selon M. Besnou, le merl aurait la plus grande analogie avec le corail; la matière organique est placée principalement à la surface, et elle se sépare facilement en un tube qui en est en quelque sorte la gaîne. Le merl se rencontre sous la forme de rognons perforés de trous habités par de nombreux annélides. Dans le merl de la rade de Brest, séparé du sable, M. Besnou a trouvé :

	Variété rameuse.	Variété en rognon.
Matière organique azotée.....	1,0	1,5
Silice combinée............	1,8	1,9
Carbonate de chaux.........	79,9	75,0
Eau......................	17,0	21,6
	99,7	100,0

On a constaté des traces de carbonate de magnésie, de sulfate de chaux, d'oxyde de fer et de sel marin.

Le *treaz* est un sable de mer recouvrant des plages dans diverses localités des environs de Morlaix; c'est le même sable que l'on désigne sous les noms de *tangue* ou *tanque* sur nos côtes septentrionales. Ce sable

favorise la végétation, surtout après que les lavages ont enlevé la plus grande partie du sel dont il est imprégné. On le répand sur les terres en quantité plus considérable que le *merl*. Le peu de matière animale qu'il contient se putréfie et se dissipe lorsqu'il reste exposé à l'air pendant un temps trop long : aussi a-t-on établi une distinction entre le *treaz* frais ou vif et le *treaz mort*.

M. Vitalis a donné des analyses du *treaz* ou *tangue* à ces différents états, qui ne prouvent qu'une seule chose, la grande différence de composition que le *treaz* peut présenter.

Tangue.	Vive.	Morte.
Eau	6,0	3,5
Oxyde de fer	0,6	1,0
Sable micacé	20,3	40,0
Argile	4,0	3,5
Carbonate de chaux	66,0	47,5
Matière organique, dosée par calcination.	3,1	4,4
	100,0	100,0

J'ai fait voir précédemment que la méthode par laquelle on dose la matière organique d'une terre ou d'un engrais donne le plus souvent des résultats fort incertains, et nous en avons ici une nouvelle preuve : la *tangue* morte doit probablement renfermer moins de matière organique que la *tangue* vive. Néanmoins, les analyses de M. Vitalis suffisent pour montrer comment le *treaz* allége les sols compactes et argileux. Les cultivateurs en donnent jusqu'à 40,000 kilogrammes par hectare, afin de *trézer* le fond, qu'ils entretien-

nent ensuite avec un *trézage* beaucoup moins abondant (1).

Rien d'aussi variable, d'ailleurs, que la composition de ces sables de mer. M. Besnou a fait plusieurs analyses de ces *tréuz* :

	De la rade de Brest.	Baie de Douarnenez.	Du Conquat.	Vase de la rivière de Landerneau.	Vase de la rivière du Faou.
Sable	29,0	51,5	69,0	73,7	88,9
Carbonate de chaux	70,0	45,0	27,0	15,4	2,4
Phosphate de chaux	1,0	»	»	»	»
Sels solubles	traces	1,1	1,2	1,3	1,3
Alumine	»	1,5	»	3,7	2,6
Débris de végétaux	»	»	»	6,9	5,4
	100,0	99,1	97,2	101,0	100,6

Ces sables renferment, en outre, des traces de matière organique azotée et d'oxyde de fer.

On doit encore à M. Besnou quelques analyses des coquilles les plus communes.

	Coquille d'huître desséchée.	Coquille d'oursin non desséchée.
Carbonate de chaux	98,3	71,0
Phosphate de chaux	1,2	2,0
Matière organique azotée	0,5	4,1
Alumine, magnésie, oxyde de fer	traces	»
Sels solubles	»	traces
Eau de constitution	»	22,9
	100,0	100,0

Sur plusieurs points des côtes de la Normandie, particulièrement à Lion-sur-mer, arrondissement de Caen, on ramasse, pour l'agriculture, d'immenses quantités de moules que les fortes marées apportent

(1) Payen et Boussingault, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. III, p. 92.

sur la plage à certaines époques de l'année. Le prix de ces bivalves varie de 80 centimes à 1 franc 50 centimes l'hectolitre ; on les transporte jusqu'à 40 kilomètres dans l'intérieur des terres (1).

En résumé, on voit que la tangue est un mélange de sable, d'argile, de débris de crustacés, de coquilles de madrépores, qui vient se déposer dans les anses, dans les baies, en un mot, sur les points du littoral où la mer est calme. Dans le département de la Manche, son emploi comme amendement remonte à l'année 1760. Aujourd'hui, on évalue à plus de 500,000 mètres cubes les matières fournies pour le tanguage par les baies du mont Saint-Michel, de Lessay et de Pont-de-la-Roque.

Les coquilles, les sables et les plantes ne sont pas les seules matières utiles fournies par la mer à l'agriculture ; les poissons ou leurs débris sont très-souvent destinés à l'engrais des terres. Cette pratique est fort ancienne, et paraît universellement répandue ; j'ai déjà rappelé qu'à l'époque de la conquête de l'Amérique, les Espagnols la trouvèrent établie chez les Indiens des côtes de l'océan Pacifique. Sur le littoral de la Grande-Bretagne et de l'Irlande, on fume aussi les terres avec des poissons ; il en est de même dans le voisinage des marais de Lincoln, de Cambridge et de Norfolk. Les résidus de la préparation des huiles de hareng, de chien de mer, de morue, sont excellents pour améliorer le sol ; et dans le Cornwall, on re-

(1) Girardin et Du Breuil, *Cours d'Agriculture*, t. I.

cueille, dans le même but, les débris des pêcheries (1). On a conseillé de mêler ces débris à de la chaux vive; cette addition est surtout convenable pour les huiles avariées de hareng : il se forme alors un savon de chaux qui s'oppose à l'action nuisible sur la végétation, que ne manquent jamais de produire les matières grasses (2).

L'analyse de la morue salée, que j'ai faite conjointement avec M. Payen, a donné une proportion d'azote d'environ 7 pour 100. On comprend dès lors pourquoi la chair des poissons, leurs cartilages, se comportent comme des engrais très-actifs.

Les dépôts formés par les eaux des rivières donnent aussi un engrais dont on tire souvent un parti fort avantageux. Le Nil, qui inonde périodiquement les plaines de la basse Égypte, doit son action fertilisante au limon qu'il dépose.

Sur les bords de la Durance, on recueille avec soin le limon charrié par cette rivière, pour améliorer les terres qu'elle parcourt. Les eaux des canaux d'irrigation dérivant de la Durance sont souvent troubles et impropres à l'arrosage : pour les débarrasser de ce limon, on les fait déposer dans une suite de trous ou *nay*, disposés de manière à recevoir le limon ou *nite* abandonné par l'eau dont on a ralenti le cours. On enlève la *nite* lorsque, quelques jours après l'évacuation des eaux du *nay*, elle offre une consistance con-

(1) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 412.

(2) Thaër, *Principes raisonnés d'agriculture*, t. II, p. 215.

venable ; alors on la coupe par tranches et on la jette sur les bords. On fait deux à trois récoltes de *nite* par an ; il n'est guère possible d'en faire davantage, car le dimanche des Rameaux est le jour fixé pour l'ouverture de la prise d'eau dans le canal de la Durance, et la fermeture a lieu le jour de la Toussaint. Le dépôt du limon s'opère par couches successives : il est d'autant plus abondant que les orages ont été plus fréquents pendant l'été. Les cultivateurs apportent la plus grande attention à la couleur des eaux qui le charrient; ils connaissent à ce seul indice le lieu où l'orage a éclaté et le torrent qui a enflé la Durance. Ils sont d'autant plus intéressés à se livrer à ce genre d'observation, qu'ils savent par là apprécier la nature et la qualité du limon : ainsi les eaux rouges ne sont pas admises dans les *nays*, et on se garde même de les faire servir à l'irrigation des prairies, quelle que soit l'urgence qu'il puisse y avoir. La *nite*, une fois extraite du nay, est exposée à l'air pour l'amener à l'état pulvérulent. On l'emploie lorsqu'il s'agit de niveler le sol cultivé ; si on la destine à l'amélioration des vignobles ou des vergers, on en couvre toute la surface du champ, dans lequel elle est incorporée par des labours subséquents. La *nite* peut être appliquée à tous les genres de cultures : admise dans une terre à blé, M. de Belleval est parvenu à porter un rendement de 4 pour 1 à celui de 12 pour 1 (1).

(1) Stanislas de Belleval, *Annales de l'Agriculture française*, 2e série, t. XIV, p. 261.

Suies de bois et de houille, cendres de Picardie. La suie est connue depuis fort longtemps comme un engrais utile. M. Braconnot a trouvé dans la suie d'une cheminée dans laquelle on avait brûlé du bois (1) :

Acide ulmique	30,0
Matière azotée soluble dans l'eau	20,0
Matière carbonacée insoluble	3,9
Silice	1,0
Carbonate de chaux	14,7
Carbonate de magnésie	trace.
Sulfate de chaux	5,0
Phosphate de chaux ferrugineux	1,5
Chlorure de potassium	0,4
Acétate de chaux	5,7
Acétate de potasse	4,1
Acétate de magnésie	0,5
Acétate de fer	trace.
Acétate d'ammoniaque	0,2
Principe âcre et amer	0,5
Eau	12,5
	100,0

L'examen que j'ai fait avec M. Payen des suies de houille et de bois confirme la présence des principes azotés indiqués par M. Braconnot. Dans les grandes villes, on fait un commerce assez considérable avec la suie destinée à l'agriculture. On la répand en couverture sur les trèfles et les jeunes froments, à la dose de 18 hectolitres par hectare (2). On a conseillé de la mêler à la chaux; mais, puisqu'il s'y trouve des sels à base d'ammoniaque, c'est évidemment là une prati-

(1) Braconnot, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXXI, p. 52, 2e série.

(2) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 451.

que vicieuse, qui trouve tout au plus son excuse dans la plus grande facilité que présente un semblable mélange pour être incorporé dans le sol. Le mieux est certainement d'appliquer la suie seule, par un temps calme et pluvieux, comme le recommande M. de Dombasle. En Flandre, c'est particulièrement sur les semis de colza destinés au repiquage qu'on applique cet engrais, et l'on croit qu'il possède la propriété de préserver les jeunes plants de l'attaque des insectes. Près de Lille, on en donne 50 hectolitres par hectare (1). Schwertz cite plusieurs faits qui établiraient que l'effet de la suie sur le trèfle est des plus avantageux; il admet, en outre, que la suie de houille est préférable (2). Cet avantage de la suie de houille tient évidemment à deux causes : d'abord elle a plus de densité, et dans le dosage en volume un hectolitre de suie de houille contient réellement plus de matière; ensuite nous avons trouvé qu'à poids égaux, elle est plus azotée que la suie de bois.

Les cendres de Picardie se préparent par la combustion lente et imparfaite des tourbes pyriteuses exploitées dans le département de l'Aisne, pour la fabrication du sulfate de fer et de l'alun. Cette tourbe, disposée en tas, s'échauffe et s'enflamme ; la combustion continue pendant un mois environ ; il se dégage d'abondantes vapeurs sulfureuses : le résultat est une cendre grise, renfermant encore des matières

(1) Cordier, *Agriculture de la Flandre française*, p. 263.
(2) Schwertz, *Préceptes d'agriculture pratique*, p. 125.

charbonneuses ; on en fait un usage très-profitable pour amender les prairies. On pourrait croire que l'utilité des cendres de Picardie dépend uniquement du sulfate de chaux qu'elles contiennent nécessairement, mais il est bien reconnu qu'elles sont beaucoup plus actives comme engrais ; et on peut en juger par la consommation qui en est fort étendue. L'analyse explique en partie la vertu fertilisante de ces cendres, en montrant qu'elles renferment plus de 1/2 pour 100 d'azote. Il est très-probable que pendant l'incinération lente de la tourbe, il se produit du sulfate d'ammoniaque.

Les cendres vitrioliques, résidu du lessivage de lignites pyriteux et alumineux qu'on exploite pour la fabrication de la couperose, sont analogues aux cendres de Picardie et employées avec un égal succès en agriculture. A Forges-les-Eaux, les terres pyriteuses lessivées sont mêlées avec un quart de leur poids de cendres de tourbe. C'est ce mélange qu'on utilise comme un engrais actif dans une grande partie du pays de Bray ; il convient également aux prairies, aux herbages humides et aux terres arables. L'analyse faite par MM. Girardin et Bidard a donné pour la composition de ces cendres (1) :

(1) Girardin et Bidard, *Journal d'agriculture pratique*, t. VI, p. 578.

Matière organique soluble...............	2,7
Humus insoluble......................	49,8
Sulfates de protoxyde et de peroxyde de fer.	1,8
Sable fin............................	39,0
Sulfure de fer........................ / Peroxyde de fer.....................	6,7
	100,0

Les cendres vitrioliques de Forges-les-Eaux sont plus azotées que celles de Picardie ; elles contiennent 2,72 pour 100 d'azote.

Ce qui se passe dans la combustion imparfaite de la tourbe pyriteuse, explique, jusqu'à un certain point, les effets de *l'écobuage*, pratique importante, très-répandue, et dont il serait difficile de comprendre l'utilité si elle ne se rattachait en quelque sorte à la production des cendres vitrioliques.

Les effets utiles de l'écobuage résident vraisemblablement dans la destruction des matières organiques très-pauvres en principes azotés, dans la transformation de la superficie du sol en une terre poreuse, charbonneuse, et par conséquent apte à retenir, en les condensant, les vapeurs ammoniacales dégagées pendant la combustion ; enfin dans la production de sels alcalins et terreux, exerçant, comme on sait, l'action la plus utile sur la végétation (1).

Ces conditions sont si bien celles que semble réaliser l'écobuage, que pour rendre cette opération favorable au sol, il faut de toute nécessité que les

(1) Payen et Boussingault, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. III, p. 99.

végétaux soient transformés en cendres noires ; et, comme l'a fort bien remarqué M. Robert Hoblyn, lorsque l'incinération est complète, que le résidu est véritablement de la cendre rougeâtre, le sol peut être frappé de stérilité pour l'avenir (1). Une combustion peu ménagée, une entière incinération, amènerait également, et par la même cause, un mauvais résultat dans la préparation des cendres de Picardie ; elles pourraient agir comme le font les cendres de tourbes des foyers ; mais privées de tous principes azotés, elles ne sauraient améliorer le terrain à la manière des engrais organiques.

J'ai vu souvent pratiquer l'écobuage dans les steppes de l'Amérique équinoxiale. On met le feu aux pâturages, lorsque l'herbe, parvenue à un certain développement, devient sèche et ligneuse ; la flamme se propage avec une vitesse incroyable en parcourant des espaces immenses. Le terrain devient noir, la combustion des parties les plus rapprochées du sol n'est jamais achevée. Quelques jours après le passage du feu, on voit poindre une végétation vigoureuse, et en quelques semaines le théâtre de l'incendie se change en une verte et riche prairie.

Déjections des animaux. Fumier de cheval. — D'après leur composition, les déjections du cheval devraient agir plus activement que les déjections de la vache. Cependant les cultivateurs les considèrent comme étant de qualité inférieure. Cette opinion est fondée

(1) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 485.

jusqu'à un certain point. Ainsi, bien qu'il soit admis que les déjections du cheval, enfouies dans la terre avant d'avoir fermenté, donnent un engrais très-puissant, il est cependant reconnu qu'en général, les mêmes matières fournissent, par leur décomposition, un fumier moins utile que celui des étables. Cela tient uniquement à ce que les déjections de l'écurie, en raison de leur peu d'humidité, offrent de plus grandes difficultés pour être traitées convenablement; mêlées à la litière, mises en tas, elles s'échauffent rapidement et se dessèchent. Si l'on n'entretient pas dans la masse en fermentation une quantité d'eau suffisante pour modérer la température; si l'on ne prévient pas, par un tassement convenable, l'accès de l'air, on perd, à n'en pas douter, une proportion considérable des principes qu'il importerait de conserver. Je puis en donner un exemple frappant que je prendrai dans la conversion du fumier de cheval en engrais complétement consommé.

Un fumier frais du cheval contenant, à l'état sec, 2,7 d'azote pour 100, ayant été disposé en couche épaisse et abandonné à une décomposition complète, a donné un terreau dans lequel il n'entrait, au même état de siccité, que 1 pour 100 d'azote. J'ajouterai que par cette fermentation, le fumier avait perdu à peu près les 9/10 de son poids. On peut juger, d'après ces nombres, combien a été grande la perte en principes azotés. Dans la pratique, quelque peu de soins que l'on apporte dans la confection du fumier de cheval, on ne pousse jamais la fermentation à ce de-

gré extrême ; mais il n'en est pas moins vrai que l'on en approche plus ou moins, et que le résultat, pour n'être pas aussi défavorable que celui auquel je suis arrivé, est encore très-désavantageux. Aussi les praticiens éclairés ont-ils jugé depuis longtemps que le traitement des déjections du cheval demande des soins, des attentions dont on peut se dispenser lorsqu'il s'agit de convertir en fumier les déjections des bêtes à cornes ; et M. Puvis a constaté que pour obtenir de bons résultats dans la confection du fumier des chevaux, il faut lui donner plus d'humidité qu'il n'en peut recevoir par les urines de ces animaux ; que si on ne l'arrose pas, il se dessèche, perd de son poids et de sa qualité, tandis qu'en l'entretenant convenablement humide, il produit une quantité de fumier à demi consommé, de qualité supérieure et au moins égale en poids à celui des vaches (1).

M. Schattenmann, ayant eu à sa disposition les produits d'une écurie de deux cents chevaux, a suivi, pour la confection du fumier, un procédé des plus rationnels, dont il a obtenu d'excellents résultats. Il a établi une fosse peu profonde, de 400 mètres carrés de surface, divisée en deux parties égales. Le fond de cet emplacement était disposé de manière à présenter deux plans inclinés permettant aux eaux de se réunir au milieu, où se trouvait un réservoir muni d'une pompe pour ramener sur le fumier les liquides qui en découlaient. En outre, l'eau nécessaire pour

(1) Puvis, *Journal d'Agriculture pratique*, t. III, p. 99.

maintenir un degré convenable d'humidité était fournie par une autre pompe communiquant avec un puits. Cette dernière disposition est indispensable ; car la quantité d'eau nécessaire est si considérable quand on opère sur de semblables masses, qu'il ne faudrait pas songer à se la procurer par d'autres voies. Les deux parties de l'aire ont été alternativement garnies de fumier sortant des écuries ; on tassait jusqu'à la hauteur de trois à quatre mètres; on foulait fortement, et on arrosait abondamment. Le tassement et l'humidité constante sont deux conditions indispensables au succès d'une bonne confection. M. Schattenmann ajoutait aux eaux saturées par les parties solubles du fumier, du sulfate de fer en dissolution ou du sulfate de chaux en poudre, afin de transformer en sulfate le carbonate d'ammoniaque développé pendant la fermentation, et s'opposer ainsi à sa volatilisation (1). Il est presque inutile d'ajouter qu'il fallait ne pas introduire dans la matière un excès de sulfate de fer. Dans l'emploi du sulfate de chaux, on n'a pas à craindre cet inconvénient.

Je ferai cependant observer, en me fondant sur la constitution la plus générale de l'urine des herbivores, que l'intervention du sulfate de fer, et même celle du plâtre, doit être plus nuisible qu'utile. Ces urines contiennent du carbonate de potasse, dont

(1) Schattenmann, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. IV, p. 117.

l'action est des plus favorables à la végétation. Or, le sulfate de fer, le sulfate de chaux, le transforment immédiatement en sulfate de potasse, sel à peu près inerte. Ainsi, pour s'opposer à une déperdition d'ammoniaque, qu'on prévient à l'aide de quelques soins, on prive les fumiers de leur propriété alcaline, propriété qui fait qu'ils agissent à la fois comme les engrais organiques et comme les engrais minéraux, comme les cendres de bois, par exemple.

Les agriculteurs recommandent ordinairement de réserver le fumier de cheval pour les sols argileux, profonds, humides; cette recommandation s'adresse uniquement au fumier obtenu par la voie suivie communément. Quant au fumier de cheval préparé avec l'attention que j'ai indiquée, il convient à tous les sols ; et s'il diffère du fumier de vache, c'est par sa qualité supérieure. C'est ce qu'explique l'analyse élémentaire des excréments et de l'urine d'un cheval nourri au foin et à l'avoine.

100 d'urine ont donné 12,4 d'extrait sec.

J'ai trouvé pour la composition de cette urine :

	A l'état liquide.
Carbone............	4,46
Hydrogène..........	0,47
Oxygène	1,40
Azote..............	1,55
Sels...............	4,51
Eau	87,61
	100,00

Les excréments du même cheval ont donné par la dessiccation 24,7 pour 100 de matière fixe.

L'analyse a indiqué dans :

	Les excréments secs.	Les excréments humides.
Carbone.......	38,7	9,56
Hydrogène.....	5,1	1,26
Oxygène.......	37,7	9,31
Azote	2,2	0,54
Sels...........	16,3	4.02
Eau..........	»	75,31
	100,0	100,00

Le fumier des bêtes à cornes est souvent très-aqueux, surtout lorsqu'il est fourni par des animaux mis au vert ; à cause de cette humidité, sa confection est facile à conduire. Son équivalent est plus élevé que celui du fumier de cheval ; il est en effet moins azoté, et partant moins actif.

Si la nourriture exerce beaucoup d'influence sur la qualité du fumier, les conditions dans lesquelles se trouve le bétail en exercent une qui n'est pas moins grande. Les vaches laitières ou saillies donnent un fumier moins azoté, moins chargé de phosphates que celui des bœufs de travail ; cela se conçoit aisément : les principes azotés et phosphatés de la nourriture sont distraits des sécrétions pour concourir au développement du fœtus, à la production du lait ; par la même raison, les déjections des élèves, toutes circonstances égales d'ailleurs, procurent un engrais moins riche que celui des animaux adultes. J'aurai occasion de revenir sur ce sujet important, qui n'a pas été suffisamment approfondi.

L'urine et les excréments d'une vache laitière,

rendant par jour 8^lit.,25 de lait, ont donné à l'analyse les résultats suivants :

100 d'urine contenaient 11,7 d'extrait sec. J'ai trouvé pour la composition de :

	L'urine sèche.	L'urine liquide.
Carbone........	27,2	3,18
Hydrogène......	2,6	0,30
Oxygène........	26,4	3,09
Azote	3,8	0,44
Sels...........	40,0	4,68
	Eau...	88,31
	100,0	100,00

100 d'excréments frais ont laissé, à la dessiccation, 9,4 de matières sèches.

	Les excréments secs.	Les excréments humides.
Carbone........	42,8	4,02
Hydrogène......	5,2	0,49
Oxygène........	37,7	3,54
Azote	2,3	0,22
Sels............	12,0	1,13
	Eau.....	90,60
	100,0	100,00

Fumier de porc. — D'après ce que j'ai pu observer, les porcs bien nourris et à l'engraissement donnent des déjections fortement azotées, devant, par conséquent, produire du fumier de bonne qualité. Schwertz a constaté effectivement que cet engrais agit plus activement sur les terres que ne le fait celui des déjections de la vache.

100 d'urine de porc ont donné à l'analyse :

	Urine sèche.	Urine liquide.
Carbone	12,1	0,25
Hydrogène	1,5	0,03
Oxygène	25,9	0,54
Azote	11,0	0,23
Sels	49,5	1,03
	Eau	97,92
	100,0	100,00

100 d'excréments frais ont laissé 16 de matières sèches.

	Excréments secs.	Excrém. humides.
Carbone	27,6	4,42
Hydrogène	4,5	0,72
Oxygène	22,9	3,66
Azote	4,4	0,70
Sels	40,6	6,50
	Eau ...	84,00
	100,0	100,00

Le fumier de mouton est des plus énergiques : c'est ce que confirme l'analyse ; les excréments de mouton sont peu aqueux, et contiennent à l'état normal près de 1 pour 100 d'azote. Le plus souvent on les applique directement, au moyen du parcage. Schwertz estime qu'un mouton, pendant une nuit, fume une surface d'un mètre carré (1) ; nous avons trouvé à Bechelbronn 1 mètre 1/3. Voici le détail d'une observation :

Deux cents moutons ont parqué pendant quinze nuits sur un chaume de seigle, dont la superficie était de 3,973 mètres carrés, soit 1^{m},32 pour la surface assignée à un mouton. Cette fumure a produit un

(1) Schwertz, *Préceptes d'agriculture pratique*, p. 161.

maximum d'effet sur la récolte de navets venue après la céréale.

Un chimiste danois, M. Jœrgensen, a soumis à l'analyse les déjections d'un mouton nourri avec du foin :

	Urine sèche.	Urine liquide.
Carbone.......	31,7	4,28
Hydrogène.....	3,9	0,53
Oxygène.......	20,5	2,77
Azote	9,7	1,31
Sels...........	34,2	4,61
	Eau....	86,50
	100,0	100,00

Les excréments ont perdu à la dessiccation à 125°, 57, 6 d'eau pour 100. Analysés à l'état sec, on en a retiré :

Carbone.........	44,0
Hydrogène.......	5,3
Oxygène	35,6
Azote...........	1,7
Sels	13,4
	100,0

La colombine est considérée comme un engrais *chaud*, tellement actif, qu'il faut en user avec prudence. Le fumier de pigeon convient à toutes les cultures. Schwertz l'a appliqué pendant longtemps, et toujours avec le plus grand succès, sur le trèfle, en le mêlant avec de la cendre de houille (1).

Les cultivateurs flamands se procurent la colombine dans le département du Pas-de-Calais, où il

(1) Schwertz, *Préceptes d'agriculture pratique*, p. 156.

existe de nombreux pigeonniers. On loue un pigeonnier à raison de 100 fr. par an, pour la fiente de 600 à 650 pigeons : c'est ordinairement la charge d'une voiture. Dans les environs de Lille, on emploie particulièrement cet engrais sur le lin et le tabac. Selon M. Cordier, la fiente de 7 à 800 pigeons suffirait pour fumer un hectare de terrain (1). On peut juger de la valeur de la colombine par la forte proportion d'azote qu'elle renferme : celle de Bechelbronn en contient 8 1/3 pour 100 (2). Il y entre, en outre, une forte proportion de phosphate. Ce résultat ne doit pas surprendre, quand on sait que la matière blanche mêlée à la fiente des oiseaux est de l'acide urique presque pur.

Le guano est un engrais analogue à la colombine ; l'usage en est très-répandu sur le littoral du Pérou. Le guano paraît être le résultat de l'accumulation séculaire des excréments d'oiseaux qui ont leur refuge dans les îlots et sur quelques points de la côte de la mer du Sud. Cette matière forme des dépôts ayant souvent plus de 20 mètres d'épaisseur, qu'on exploite à ciel ouvert, principalement dans les îles de Chinche, près de Pisco ; mais on en connaît des gisements plus au sud, dans les îles de Iza, de Ilo, à Arica, et dans le voisinage de Payta, comme j'ai pu m'en convaincre durant mon séjour dans ce port. Les habitants de Chancay se livrent particulièrement

(1) Cordier, *Agriculture de la Flandre française*, p. 256.

(2) Payen et Boussingault, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. III, p. 103.

au commerce du guano. De petits bâtiments, nommés *guaneros*, font constamment le transport de cet engrais (1).

Vauquelin et Fourcroy ont les premiers fixé l'attention sur la nature du guano : l'échantillon qu'ils ont examiné avait été rapporté par M. de Humboldt ; il renfermait :

1° de l'acide urique (0,25).
2° de l'oxalate d'ammoniaque.
3° du chlorhydrate d'ammoniaque.
4° de l'oxalate de potasse.
5° des phosphates de potasse et de chaux.
6° du chlorure de potassium.
7° une matière grasse.
8° du sable.

Plus récemment, M. Fownes a analysé la même matière. Un échantillon en poudre, d'un brun clair et répandant une odeur extrêmement désagréable, a donné (2) :

Oxalate d'ammoniaque............ Acide urique.................... Traces de carbonate d'ammoniaque, matière organique.............	66,2
Phosphate de chaux et magnésie....	29,2
Phosphates et chlorures alcalins..... Traces de sulfates.................	4,6
	100,0

Un autre échantillon, plus foncé en couleur et sans odeur, contenait :

(1) De Humboldt, *Annales de Chimie*, t. LVI, p. 258.

(2) Fownes, *Bibliothèque universelle de Genève*, t. LXIII, p. 194, nouvelle série.

Oxalate d'ammoniaque pur.............	44,6
Phosphates terreux....................	41,2
Phosphates, sulfates et chlorures alcalins.	14,2
	100,0

La composition du guano confirmerait, s'il en était besoin, l'opinion qu'on s'est faite sur son origine. Les îles qui le fournissent sont encore habitées pendant la nuit par une multitude d'oiseaux pêcheurs; toutefois, d'après les supputations de M. de Humboldt, en trois siècles leurs excréments ne pourraient former qu'une couche d'un centimètre d'épaisseur, et l'imagination recule devant l'âge qu'il faudrait assigner aux dépôts actuels avec cette lente progression: aussi, M. de Humboldt se demandait si ces dépôts ne seraient pas antédiluviens, s'ils n'appartiendraient pas aux époques où se sont produits des couches de lignite. Cette supposition paraîtra aujourd'hui d'autant plus fondée que, depuis qu'elle a été faite, on a observé des blocs de roches, non-seulement à la surface, mais encore dans l'intérieur des amas de guano.

Il ne faudrait pas déduire la composition moyenne du guano, des analyses précédentes faites sur des échantillons de choix; la matière terreuse y est ordinairement plus abondante. Un guano importé en Angleterre et en France, a présenté une proportion d'azote fort éloignée de répondre à 25 pour 100 d'acide urique. Dans trois essais, l'azote a été : 0,41, 0,05 et 0,05; la moyenne serait 0,08, équivalant à la quantité d'azote contenue dans la colombine.

Récemment on a découvert et exploité des dépôts de guano sur la côte sud-ouest d'Afrique, dans les îlots d'*Angra*, de *Pequena*, de *Malago* et à *Ichaboe*. Un échantillon apporté d'Angra, avait une couleur brune, une odeur fortement ammoniacale ; on y apercevait des fragments de plumes, des coquilles d'œufs, des débris de végétaux. M. Francis y a trouvé :

Carbonate, oxalate, chlorhydrate d'ammoniaque. Acide urique, humus	42,6
Phosphate de chaux et de magnésie	22,4
Phosphates et sels de potasse	7,1
Sable	0,8
Eau	27,1
	100,0

Un autre échantillon, également d'origine africaine, analysé par M. Tesmacher, renfermait environ 4 pour 100 d'acide ulmique combiné d'ammoniaque.

Carbonate, phosphate, oxalate, ulmate d'ammoniaque	25
Phosphate, sulfate de potasse, chlorure	11
Phosphate de chaux et de magnésie	32
Matière terreuse	2
Eau	30
	100

La composition moyenne du guano du Pérou, de bonne qualité, déduite de nombreuses analyses, peut être exprimée ainsi :

Urate d'ammoniaque	04,5	18,3
Acide urique	00,6	
Oxalate d'ammoniaque	06,7	
Chlorhydrate d'ammoniaque	02,6	
Phosphate d'ammoniaque	03,9	
Phosphate de potasse	02,8	
Phosphate de soude	00,9	
Phosphate ammoniaco-magnésien	00,5	
Phosphate de chaux	25,8	
Phosphate de magnésie	2,0	
Sulfate de potasse	2,0	
Sulfate de soude	7,7	
Sel marin	1,0	
Oxalate de chaux	6,1	
Silice	1,5	
Humus et matière organique indéterminée	4,3	
Eau et perte	27,1	
	100,0	

A Aréquipa, au Pérou, on met 400 kil. de guano par hectare, pour la culture du maïs. On admet qu'un terrain non fumé, donnant en maïs 18 pour 1 de semence, produira 230 par l'action de cet engrais. C'est surtout dans les sols sablonneux et peu fertiles de la côte qu'on obtient un résultat aussi avantageux : dans les terres riches, il ne faudrait pas s'attendre à un effet aussi prononcé. Ainsi, dans certaines parties de l'Amérique du Sud où, sans l'intervention du fumier, on obtient 238 pour 1 de semence, on comprend que le guano ne porte pas la récolte beaucoup au delà. Cette réflexion, au reste, est commune à tous les engrais, et si j'ai cru devoir la faire, c'est qu'elle explique pourquoi le guano, bien qu'agissant très-utilement dans les terres d'Europe, n'occasionne cependant pas toujours un rendement comparable

à ceux qu'on obtient dans les sables du Pérou.

La litière des vers à soie est utilisée comme fumier dans le Midi. L'analyse y indique 3 pour 100 d'azote.

Les déjections de l'homme sont un des agents les plus actifs dont dispose le cultivateur. Dans les pays où l'industrie agricole est en progrès, ces déjections sont très-recherchées, et on n'épargne aucune peine pour se les procurer. En Flandre, les matières fécales sont l'objet d'un commerce très-étendu, et, dans la proximité des villes populeuses, elles sont d'une immense ressource pour l'amélioration du sol. Les Chinois les recueillent avec un soin minutieux, dans des vases disposés de distance en distance le long des chemins les plus fréquentés; des vieillards, des femmes et des enfants sont occupés à les délayer et à les déposer près des plantes (1). Souvent on les pétrit avec de l'argile, on en forme des briques que l'on pulvérise quand elles sont sèches, puis l'on répand cette poudre en *couverture*. Il résulte de l'emploi presque exclusif de cette poudrette, qu'en Chine les champs ne présentent que la plante utile qu'on y cultive, et qu'il est difficile d'y rencontrer une herbe nuisible.

Avant la conquête de l'Amérique, les Péruviens des hauts plateaux des Andes fertilisaient leurs cultures de maïs avec des excréments réduits par la dessiccation à l'état pulvérulent.

---

(1) Stanislas Julien, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. III, p. 65.

La qualité des matières fécales, comme engrais, dépend beaucoup de la nature et de l'abondance des aliments consommés par les individus qui les ont rendues. D'Arcet rapporte à ce sujet un fait curieux : Un agriculteur avait acheté le contenu des latrines d'un des restaurateurs les plus en vogue du Palais-National; encouragé par le succès qu'il obtint de leur emploi, il voulut en étendre l'application, et se rendit, dans ce but, adjudicataire des vidanges de plusieurs casernes de Paris. L'engrais de cette nouvelle acquisition ne produisit plus l'effet qu'on en attendait; il en résulta des pertes.

M. Berzélius a trouvé dans les excréments de l'homme :

1° Débris des aliments	7,0
2° Bile	0,9
3° Albumine	0,9
4° Matière extractive particulière	2,7
5° Matière visqueuse, résine, résidu insoluble, matières animales indéterminées	14,0
6° Sels	1,2
7° Eau	73,3
	100,0

Les sels avaient pour composition :

Carbonate de soude	29,4
Chlorure de sodium (sel de cuisine)	23,5
Sulfate de soude	11,8
Phosphate ammoniaco-magnésien	11,8
Phosphate de chaux	23,5
	100,0 (1)

(1) Berzélius, *Annales de Chimie*, t. LXI, p. 321.

Un homme rend par jour :

EXCRÉMENTS			
humides.	secs.		
165 gramm.	44,5	gramm., d'après	Dalton.
191 —	51,6	— —	M. Valentin.
142 —	35,0	— —	M. Barral.

Urine de l'homme. — Sa couleur varie du jaune clair à l'orange foncé ; sa saveur est salée, légèrement âcre. L'odeur qu'elle émet est singulièrement modifiée par l'usage de certains aliments. Les asperges rendent l'urine d'une extrême fétidité ; l'huile de térébenthine lui communique, au contraire, l'odeur de la violette. Elle est presque toujours acide. Sa pesanteur spécifique, un peu supérieure à celle de l'eau, se tient dans les limites de 1,005 à 1,030 ; l'urine rendue le matin est plus dense, plus colorée, plus salée, plus odorante que celle émise dans le cours de la journée ; elle laisse déposer un sédiment jaunâtre d'acide urique qui, étant plus soluble à chaud qu'à froid, se précipite par l'effet du refroidissement. Abandonnée à elle-même, elle se putréfie rapidement en développant des sels ammoniacaux.

De l'urine fraîchement rendue a donné à l'analyse (1) :

(1) Berzélius, *Annales de Chimie*, t. LXXXIX, p. 22.

Urée	3,01
Acide urique	0,10
Matières animales indéterminées / Acide lactique et lactate d'ammoniaque.	1,71
Mucus de la vessie	0,03
Sulfate de potasse	0,37
Sulfate de soude	0,32
Phosphate de soude	0,29
Chlorure de sodium	0,45
Phosphate d'ammoniaque	0,17
Chlorhydrate d'ammoniaque	0,15
Phosphates de chaux et de magnésie	0,10
Silice	traces.
Eau	93,30
	100,00

Les phosphates de chaux et de magnésie, le phosphate ammoniaco-magnésien, sels insolubles, sont tenus en dissolution par l'acide qui se trouve dans l'urine à l'état de liberté ; aussi, quand cet acide est saturé par l'ammoniaque développée lors de la putréfaction, les phosphates se déposent en un sédiment plus ou moins abondant.

La quantité d'urine sécrétée en vingt-quatre heures, par un individu, serait, en prenant la moyenne de quarante-huit expériences faites par M. Lecanu, de 1,268 grammes, renfermant :

Urée	25,0 grammes.
Acide urique	1,0
Sel marin	17,5
Phosphates terreux.	1,2
Matières fixes	44,7
Eau	1223,3
	1268,0

D'après la composition des substances renfermées

dans l'urine, il en résulte que, chaque jour, un homme émet par les voies urinaires 12 grammes d'azote, et environ 1 gramme de phosphate terreux.

L'urine recueillie dans un pissoir public de Paris a donné, à l'analyse, 7 pour 1000 d'azote.

Comme les substances azotées de l'urine finissent par se transformer en ammoniaque, agent si actif des engrais, je crois utile de rapporter ici quelques déterminations d'azote faites dans mon laboratoire à l'occasion de recherches particulières sur l'urine rendue le matin.

Origine.	Caractères.	Azote p. 100.
Homme de 46 ans...........	Acide...........	1,84
— 46..............	—	1,57
— 21 ans..........	—	1,02
— 21..............	—	1,02
Enfant de 8 ans............	Légèrement acide.	0,70
— 8................	— ...	0,45
— de 8 mois...........	Très-peu acide...	0,16
— 8..............	— ...	0,15
Homme de 35 ans, graveleux.	Neutre.........	0,59
Femme diabétique..........	—	1,00
Cheval....................	Peu alcaline.....	1,72
—	Alcaline........	1,63
Vache.....................	—	1,23
—	Très-alcaline.....	1,33
Lapin.....................	—	1,76
Chameau..................	—	3,00
—	—	2,91
Éléphant..................	—	0,31
Rhinocéros................	—	0,51

Les matières fécales peuvent être appliquées immédiatement à la culture, à la sortie des latrines. Dans quelques parties de la Toscane, on les délaye

dans trois fois leur volume d'eau. J'ai vu répandre les vidanges, sans être étendues, sur un champ de froment, sans qu'il en soit résulté aucun inconvénient; de sorte qu'il faut considérer cette préparation comme un simple moyen de distribuer plus également la quantité d'engrais dont on dispose.

C'est surtout dans la Flandre française que les déjections humaines sont recueillies avec le plus de soins. Le réservoir destiné à leur conservation est un des objets essentiels de tout domaine agricole. Le fermier établit dans son voisinage une cave voûtée en maçonnerie, dont le sol est pavé en grès; les quatre murs et la voûte cylindrique qu'ils supportent sont en briques. On ménage deux ouvertures; l'une perce l'épaisseur de la voûte dans son milieu, elle est destinée à l'introduction des matières; l'autre, plus petite, est pratiquée dans le mur du nord, et a pour objet de permettre l'accès de l'air jugé nécessaire à la fermentation. Un semblable réservoir peut avoir une capacité de 32 mètres cubes. Toutes les fois que les travaux de culture le permettent, les attelages vont à la ville acheter des vidanges qu'on verse ensuite dans les caves, où elles séjournent ordinairement pendant plusieurs mois avant d'être portées sur les terres.

L'engrais flamand, la *gadoue* ou *courte graisse*, car cette matière est désignée indistinctement sous ces différents noms, est répandu à l'état liquide avant ou après les semailles, ou bien encore à la suite du repiquage. Son action est prompte et énergique. Lorsque

la semaille est achevée, et que le sol a reçu toutes les façons que les cultivateurs flamands prodiguent à la terre, on conduit dans des tonneaux, le soir, une charge d'engrais tirée de la fosse. A la limite du champ se trouve une cuve de la capacité d'un quart de mètre cube, dans laquelle on dépose la matière. A l'aide d'une cuillère de bois fixée au bout d'une perche de 4 mètres de longueur, un manœuvre puise le liquide dans la cuve, et le répand autour de lui. La cuve vidée, on la transporte sur un autre point; alors l'opération recommence et se continue jusqu'à ce que la totalité de la gadoue soit employée (1).

L'achat, le transport et l'application de l'engrais flamand ne laissent pas d'être dispendieux; aussi voyons-nous qu'on l'administre particulièrement aux cultures industrielles, à celles dont les produits marchands ont le plus de valeur, comme les plantes à huile, et particulièrement le tabac.

Cet engrais, du moins celui que nous avons examiné, M. Payen et moi, est d'un jaune verdâtre, et on ne saurait mieux le comparer, sous le rapport de l'odeur, qu'à une dissolution très-étendue d'hydrosulfate d'ammoniaque. Ce sel s'y rencontre à n'en pas douter; mais, par son exposition à l'air, il passe très-promptement à l'état de sulfate de la même base. Selon M. Kuhlmann, on reconnaît la qualité de l'engrais liquide à son odeur, à sa viscosité, à sa saveur salée et piquante. Par la fermentation dans les fosses,

(1) Cordier, *Agriculture de la Flandre française*, p. 240.

qu'on ne vide jamais complétement, les matières fécales deviennent en effet légèrement visqueuses. Lorsque les excréments solides dominent dans la matière fermentée, elle exerce sur la végétation une action de plus longue durée; mais lorsque la gadoue provient uniquement des urines, elle agit presque immédiatement après son application. Dans les deux cas, l'effet de l'engrais flamand est limité à la durée de la campagne; c'est un *engrais annuel*, comme toutes les matières organiques dont la fermentation putride est achevée.

Quelquefois on jette dans la citerne des *tourteaux* réduits en poudre; c'est quand la gadoue est trop allongée d'eau ou bien encore quand on en manque.

Voici, suivant M. le professeur Kuhlmann, un exemple de l'emploi de l'engrais flamand sur une rotation adoptée dans les environs de Lille, durant laquelle on fait colza, blé, avoine.

Première année. En octobre ou novembre, on fume avec le fumier de ferme, en l'enterrant à la charrue. On répand alors 600 hectolitres d'engrais liquide par hectare, on donne un deuxième labour et l'on plante le colza.

Deuxième année. Le colza récolté, on laboure pour les semailles d'automne, et on répand 120 à 150 hectolitres d'engrais liquide par hectare. On sème le froment.

Troisième année. Labour sur éteules de blé; on introduit 120 hectolitres d'engrais liquide, et l'on sème de l'avoine. Si, par quelques circonstances, on se

trouve dans l'impossibilité de donner l'engrais liquide en automne, on le répand en mars, et alors on a observé qu'on peut en mettre un cinquième de moins. On évite autant que possible de l'appliquer à cette époque, à cause des dégâts qu'occasionnent presque toujours les charrois. C'est pour éviter ces dégâts que, sur les champs de colza, lorsqu'on est forcé de les fumer après la plantation, on leur donne du tourteau en poudre.

Pour les betteraves, on porte la dose d'engrais flamand à 1,500 hectolitres par hectare; mais quand cette racine est destinée à la fabrication du sucre, on évite tout emploi de *gadoue*, l'expérience ayant démontré qu'elle exerce sur la production du sucre la plus fâcheuse influence.

A Lille, le prix d'achat de l'engrais flamand est de 25 centimes l'hectolitre. On estime en Flandre qu'un hectolitre, pesant environ 100 kilog., équivaut à 250 kilog. de fumier de ferme. L'engrais que nous avons analysé, M. Payen et moi, avait été envoyé par M. Kuhlmann; à l'état liquide, il a donné 2 pour 1000 d'azote. Mais il ne faut pas oublier que par sa nature, l'engrais flamand réalise son maximum d'action dans la saison où il est mis sur la terre; l'année suivante, il n'agit plus. Le fumier d'étable, au contraire, durant la même période de temps, n'exerce qu'une partie de l'effet total qu'il est capable de produire, et qu'il produit réellement les années suivantes.

Comparer l'engrais liquide au fumier sur une culture annuelle, c'est comparer cet engrais à la fraction

inconnue du fumier de ferme qui réagit dans la première année, et d'une semblable comparaison il n'est pas possible de déduire les valeurs relatives des deux fumiers. J'ai insisté sur cette circonstance, parce qu'elle se reproduit souvent dans l'appréciation des engrais, et qu'en n'en tenant pas compte, on s'expose à porter un jugement défavorable sur certaines matières dont la décomposition est lente, à la vérité, mais qui finissent cependant par communiquer au sol une amélioration plus durable. La célérité d'action dans un fumier est une qualité précieuse dans un grand nombre de cas, et l'engrais flamand la possède au plus haut degré. Toutefois, c'est aussi un avantage que de posséder un engrais élaborant, au fur et à mesure des exigences des plantes, les principes utiles à leur développement, suspendant cette élaboration pendant l'hiver, et restant dans la saison pluvieuse à l'état à peu près inerte, insoluble, lorsque la végétation est interrompue, alors que les eaux pluviales dissoudraient en pure perte la matière fécondante. Ces avantages, auxquels il faut joindre celui de diviser, d'ameublir le sol, le fumier d'étable les présente ; ils sont tels que ce fumier, même en Flandre, est une nécessité dans la culture, et que les engrais annuels n'en sont réellement que les auxiliaires.

La méthode pratiquée en Flandre pour utiliser les vidanges est certainement des plus rationnelles. C'est celle que l'on suit en Alsace, dans le voisinage des villes ; j'y trouve cette seule différence, que le cultivateur se dispense d'emmagasiner la matière, parce qu'il

va la chercher au moment où il veut l'employer. On l'applique comme en Flandre, ou bien on l'incorpore à des substances absorbantes, comme de la paille, du fumier. A Strasbourg, on effectue le transport dans des voitures formant un coffre de forme parallélipipède parfaitement étanche, fermé par un couvercle mobile, et d'une capacité de 36 hectolitres.

Le prix d'achat de 36 hectol. de matières est.	9 fr.	» c.
Frais de vidange........................	5	
Droit de sortie payé à l'octroi.............	1	10
Gratification allouée au valet de ferme......	2	
	17	10

Ces frais portent le prix de l'hectolitre, sur place, à 48 centimes. On donne ordinairement dix voitures de gadoue par hectare de chanvre, de tabac, de choux ou de navette.

Les vidanges de Paris sont traitées d'une manière toute différente, qui semble être en opposition avec les plus simples notions de la science, de l'hygiène et de l'économie : je veux parler de la confection de la *poudrette*.

Il existe à la porte même de Paris, à Montfaucon (1), un lieu de dépôt pour les vidanges, consistant en un bassin supérieur, d'une superficie de 6,000 mètres carrés, et d'environ 10 mètres de profondeur. C'est dans ce bassin, cubant 60,000 mètres

(1) Montfaucon n'est plus aujourd'hui qu'un lieu de dépôt, d'où les matières sont conduites à Bondy, au moyen de tuyaux pour les liquides, et de bateaux pour le transport des substances épaisses.

cubes, que sont amenées, dans de très-grands tonneaux, les vidanges des divers quartiers. Des entreprises particulières, soumises à des règlements de police, se chargent de l'extraction et du transport des matières fécales, aux frais des propriétaires des maisons. Une fois déchargées à Montfaucon, ces matières appartiennent à la ville, qui afferme leur exploitation. La vidange d'une fosse d'aisances se paye, à Paris, en moyenne, 8 francs le mètre cube; et, comme on estime à 600 ou 800 mètres cubes le volume de matières enlevées chaque nuit, il en résulte, par conséquent, toutes les 24 heures, une dépense de 5,600 fr., entièrement à la charge des propriétaires.

Ce premier bassin de dépôt communique avec des réservoirs divisés en cinq ou six compartiments placés au-dessous, dans lesquels se rendent les eaux vannes, que l'on fait écouler lorsque les parties solides se sont déposées. Ces eaux, avant d'arriver dans ces réservoirs inférieurs, se tamisent à travers un clayonnage grossier; là, elles occupent d'abord un compartiment où, par le repos, elles abandonnent encore des matières solides; de ce premier compartiment, elles passent dans un autre, et ainsi successivement, en déposant, dans chacune des stations, un sédiment de plus en plus ténu. A la sortie des réservoirs, l'eau vanne est dirigée dans un égout aboutissant à la Seine. On conçoit qu'à mesure que les stations se multiplient, elle tient en suspension de moindre proportion de particules solides, et que, par conséquent, l'épaisseur des sédiments,

dans les divers compartiments parcourus, diminue à partir du point d'entrée; aussi, faut-il un temps assez considérable pour remplir les derniers compartiments qu'on ne vide que tous les deux ou trois ans; tandis que les plus rapprochés du lieu de décharge s'exploitent chaque année. Le bassin de décharge, où a lieu le dépôt le plus abondant, est même vidé deux ou trois fois par an.

Lorsqu'on juge qu'un bassin contient une quantité suffisante de dépôt, on enlève le liquide au moyen d'une vis d'Archimède, si la différence de niveau du bassin où l'on veut la déverser ne permet pas de la faire écouler. La matière fécale est chargée dans des tombereaux et portée sur un champ placé dans le voisinage des bassins. Là, on l'étend, on la herse pour renouveler les surfaces et accélérer la dessiccation; on répète cette opération jusqu'à ce que la matière soit assez consistante pour être mise en tas. Au bout de quelque temps, on l'étale en couche peu épaisse; on la piétine pour la diviser, en ayant soin d'enlever les pierres, les débris de poterie, puis on la crible. C'est alors qu'on l'amoncèle en tas, atteignant quelquefois un volume de trois mille mètres cubes; ainsi amoncelée, la poudrette ne tarde pas à éprouver une fermentation assez vive; la masse s'échauffe, et il s'en dégage des vapeurs aqueuses et ammoniacales. C'est à ces tas que les cultivateurs vont prendre leurs chargements. L'hectolitre de poudrette se vend environ 4 francs 50 centimes. Les 700 mètres cubes de matières fécales transportées

chaque jour à Montfaucon produisent, au maximum, 100 mètres cubes de poudrette.

La poudrette est d'une couleur brune; elle pèse 67 kilog. l'hectolitre; mesuré comble, l'hectolitre contient 1/6 en plus. Par une distillation opérée à 200 ou 300°, elle donne 52,5 d'un liquide ammoniacal, et 47,3 de matière sèche dans laquelle se trouvent des sels ammoniacaux fixes, tels que des sulfates, des phosphates, des chlorhydrates, etc. Les recherches de M. Jaquemart établissent que dans 100 parties de cette poudrette il entre 1,26 d'ammoniaque, dont la plus grande partie est à l'état de carbonate; mais elle renferme, en outre, de la matière animale donnant, par la distillation sèche, une quantité à peu près égale d'ammoniaque (1). D'où il suit que 100 de poudrette représentent environ 2 1/2 pour 100 d'alcali volatil, ou 2 d'azote. Par une analyse directe, nous avons obtenu 1,6 d'azote.

M. Soubeiran a examiné la poudrette de Montfaucon et celle de Bercy, livrées au commerce en 1847. Il n'est pas indifférent de citer la date, parce qu'il y a lieu de croire que de graves modifications se sont introduites récemment dans la préparation de cet engrais, elles contenaient :

---

(1) Jacquemart, *Annales de Chimie et de Physique*, t. VII, p. 378, 3e série.

	De Montfaucon.	De Bercy.
Matière organique.............	29,00	24,10
Sels solubles alcalins...........	0,43	0,85
Carbonate d'ammoniaque........	traces.	0,00
Carbonate de chaux.............	3,87	7,36
Sulfate de chaux................	3,87	4,00
Phosphate ammoniaco-magnésien.	6,55	5,45
Phosphate de chaux.............	3,46	1,44
Matières terreuses...............	24,82	43,20
Eau	28,00	13,60
	100,00 az. 1,78	100,00 az. 1,98

A Bercy, la poudrette est préparée avec des vidanges de fosses, divers débris, et du sang des abattoirs.

L'administration municipale de Paris afferme la voirie de Bondy

Pour la somme de.............		500,000 fr.

Elle a à sa charge :

Dépenses du dépotoire, entretien des machines.....................	125,000 fr.	
Transports par bateaux, à Bondy...	25,000	
	150,000	150.000
Revenu net du fermage.......		350,000

La poudrette est répandue sur le sol à l'époque des labours ; on en donne de 20 à 30 hectolitres par hectare; elle produit de bons effets sur les prairies.

Boues de Paris.

Aujourd'hui les immondices sont transportées à 2000 mètres au delà du mur d'enceinte; il n'y a plus de voiries spéciales. Pour établir un dépôt il

suffit d'être autorisé. Tous les matins, les tas d'ordures disseminés sur la voie publique sont enlevés par les *boueurs*. La superficie du pavé de la ville est divisée en cantons, et le canton en sections calculées de manière à ce que chacune d'elle fournisse la charge d'un tombereau à un cheval. L'entrepreneur adjudicataire du nettoiement concède une ou plusieurs sections à des cultivateurs des environs qui, à jour et heure fixés, viennent enlever les ordures des maisons et la boue provenant du balayage.

Des renseignements pris à la Préfecture de police établissent que, pour ce service, on emploie chaque jour :

Le matin,	100 voitures à un cheval.... } 240 voitures à deux chevaux. }	580
Le soir,	50 voitures à deux chevaux.	100
		680 chevaux.

Les voitures étant à deux roues, on peut adopter 1200 kilogrammes pour la charge traînée par un cheval. On trouve ainsi que, toutes les vingt-quatre heures, on enlève 816,000 kilogrammes d'immondices, soit par an 298 millions de kilogrammes, chaque habitant de Paris en produirait alors environ 298 kilogrammes.

Le curage des égoûts, le balayage, l'enlèvement des boues, l'arrossement public occasionnent chaque année à la ville une dépense de onze cent mille francs.

Les boues fraîches, *vertes*, ne conviennent pas à

l'agriculture; il faut les laisser en tas, à l'air libre, pendant six mois au moins avant de les utiliser comme engrais. En fermentant, elles répandent une odeur des plus nauséabonde et perdent une grande partie de leur poids et de leur volume.

MM. Haywood et Lee estiment que la seule ville de Scheffield, ayant une population de 110,000 âmes, fournit par an 2,177 tonnes anglaises en immondices, débris de toute nature, supposés secs, dans lesquels il entre :

Potasse et soude..........	541,253 kilogrammes.
Chaux et magnésie........	368,280
Acide phosphorique.......	528,165
Azote..................	757,710
	2,195,408

Noir animalisé. — Les succès obtenus par l'application du noir des raffineries, et l'augmentation de prix qui en fut la conséquence, conduisirent à la recherche d'un engrais analogue. Le noir animal, base du résidu des raffineries, étant d'une valeur assez élevée, on a essayé de le remplacer par de la terre végétale calcinée à l'abri de l'air. On obtient ainsi une poudre charbonneuse, poreuse, absorbante avec laquelle on prépare le noir animalisé. A cet effet, on y mélange à la pelle, un volume égal au sien de matières fécales. Ce mélange est mis en tas sur un sol suffisamment incliné, afin de favoriser l'écoulement de l'excès de liquide; puis, on l'étend sous des hangars, où il est retournée,

brassée, de manière à favoriser la dessiccation. Quand le mélange a pris une consistance convenable, on y introduit encore un nouveau volume de vidanges ; on favorise de nouveau la dessiccation, et l'on opère ainsi jusqu'à ce qu'on ait fait absorber successivement à la terre torréfiée trois ou quatre fois son volume initial de déjections. En été, l'opération dure un mois. A cause de la propriété absorbante de la terre, l'odeur de la matière fécale est considérablement atténuée. Ce procédé est, en réalité, une préparation de poudrette. C'est une dessiccation des déjections, favorisée par un mélange terreux, ayant l'avantage de parer aux pertes réelles qu'on supporte en suivant la méthode ordinaire; mais pour l'acheteur, indifférent aux pertes du fabricant, le produit n'est pas à comparer à la poudrette, et encore moins au noir des raffineries. En effet, le noir animalisé, dont la base est une substance à peu près inerte, de la terre calcinée, contiendra peut-être, à poids égal, une plus forte proportion d'éléments ammoniacaux que n'en renferme la poudrette, mais évidemment on n'y trouvera jamais une dose aussi élevée de phosphate. La comparaison avec le noir des raffineries est encore plus défavorable au noir animalisé dont la teneur en phosphates est incomparativement moindre. La préparation de ce produit a toutefois ceci d'avantageux, qu'elle permet de livrer à l'agriculture une quantité considérable de matières fertilisantes, en grande partie perdues jusqu'aujourd'hui.

L'odeur infecte des matières fécales est, jusqu'à un

certain point, un obstacle à l'extension de leur emploi. Toutefois cet obstacle ne se présente que dans les localités les moins avancées dans l'industrie agricole ; et un fait assez remarquable, c'est que le dégoût qu'inspirent naturellement ces matières a surtout été surmonté dans les pays justement renommés pour l'excessive propreté et l'aisance de leurs habitants; je puis citer la Flandre et l'Alsace. On a dit que certains végétaux alimentaires venus dans une terre fumée avec les déjections humaines, en contractent l'odeur. Dans le cercle très-limité de mes observations sur ce sujet, je n'ai rien remarqué de semblable.

Composts. On a beaucoup écrit, beaucoup discuté sur les avantages des *composts* ou mélanges propres à l'amélioration du sol. Les recettes sont nombreuses ; elles prouvent que la découverte d'un compost demande peu d'efforts de la part de l'intelligence. Qu'il soit possible d'unir entre elles différentes matières, de manière à obtenir un composé agissant avantageusement, c'est ce qui arrivera indubitablement toutes les fois que ces matières seront elles-mêmes prises isolément, de bons engrais. Mais qu'on parvienne à remédier à la rareté du fumier, à le créer en quelque sorte par des composts, c'est là un point très-sujet à contestation. Quand on discute avec attention les nombreux mélanges indiqués comme conduisant à ce but, on s'aperçoit toujours que la méthode revient à étendre, à délayer, un engrais puissant avec une substance inerte ou peu active. Ce mode de procéder peut avoir son côté avantageux; il permet une répartition plus

égale; il régularise la fumure, mais il ne crée pas l'engrais.

Les substances terreuses figurent presque constamment dans les composts. On y introduit la cendre de tourbe, la cendre de bois, la marne et particulièrement la chaux. Les cendres seront, dans tous les cas, une utile addition. La marne convient à la généralité des sols. La chaux est une substance très-active et qui, pour cette raison, doit être admise avec précaution. Cet alcali aide à la désagrégation des parties ligneuses des herbes sèches, des feuilles; il faut bien se garder toutefois de suivre le conseil de Schwertz, qui recommande de jeter de la chaux vive dans les fosses d'aisances, pour faire passer les matières à l'état pulvérulent. En agissant ainsi, on perdrait infailliblement la plus grande partie des principes utiles des déjections. Un cultivateur intelligent sait bien comment il convient de réunir les divers débris organiques dont il dispose; mais ce qui s'oppose le plus souvent à l'adoption des composts dans la grande culture, c'est la manipulation toujours si dispendieuse, quand il faut remuer de grandes masses de matières.

FIN DU PREMIER VOLUME.



wwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwww

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE 1er VOLUME.

Pages.

ÉCONOMIE RURALE

CONSIDÉRÉE

DANS SES RAPPORTS AVEC LA CHIMIE,

LA PHYSIQUE ET LA MÉTÉOROLOGIE.

Corbeil, typographie de Crété.

TABLE.

CHAPITRES CONTENUS DANS LE TOME PREMIER.

FIN DE LA TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES.

33

CORBEIL, IMPRIMERIE DE CRÉTÉ.

